

EL PROBLEMA DE LA PREDICCIÓN  
EN CIENCIAS SOCIALES

Eli de Gortari  
Tomás Garza H.  
Camilo Dagum  
Joseph Hodara  
Óscar Varsavsky

---

Instituto de Investigaciones Sociales

el problema de la  
predicción  
en ciencias sociales



México, 1969

Primera edición: 1969

© 1969, Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad Universitaria. México 20, D. F.

DIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES

Impreso y hecho en México

## LÓGICA DE LA PREDICCIÓN

LA PREDICCIÓN es una inferencia con respecto a un acontecimiento futuro. Por predicción denotamos tanto el proceso de realización de la inferencia como la expresión de su resultado. El objeto de la predicción puede ser un acontecimiento que llegará a ocurrir en el futuro, o bien, un acontecimiento que ya esté sucediendo, pero que todavía no sea conocido; en este último caso, la predicción se refiere a una de las manifestaciones futuras del acontecimiento en cuestión. El acontecimiento previsto puede consistir en la invariancia del comportamiento de un proceso, en un cambio de dicho comportamiento, en la desaparición del proceso, en el surgimiento de un nuevo proceso (sin que sean mutuamente excluyentes tales acontecimientos) y, en general, en cualquier incidente que se pueda presentar en el desarrollo del universo. Cuando se ha llegado a determinar la invariancia de alguna propiedad en el comportamiento de un proceso, o se conoce la ley de su variación, entonces el proceso de predecir otros valores dentro del rango de los datos conocidos se llama *interpolación*; y el proceso de predecir valores fuera del rango de los datos conocidos se denomina *extrapolación*.

La ciencia, tanto en su conjunto como en cada una de sus disciplinas integrantes, se basa en tres postulados primordiales, que son:

- I. El universo existe objetivamente, de manera independiente a la conciencia y la voluntad humanas; y, en particular, el hombre existe como parte integrante del universo.
- II. Todos los procesos existentes, incluyendo al universo, que constituye la totalidad de dichos procesos, son

susceptibles de llegar a ser conocidos por el hombre, ya sea de manera directa o indirecta.

- III. El desarrollo de los procesos existentes, comprendiendo los acontecimientos extremos de su surgimiento y su desaparición, es predecible y verificable.

En rigor, la predictibilidad se encuentra implicada necesariamente en los conceptos, las hipótesis, las leyes, las teorías, los modelos, los principios y, en general, en toda explicación científica, de cualquier índole que ésta sea. Lo que es más, la consideración de que fuese imposible hacer predicciones, equivaldría a negar por entero el conocimiento científico.

El concepto (síntesis en la cual se expresan los conocimientos adquiridos acerca de un proceso o grupo de procesos, de una de sus propiedades o de alguna de sus relaciones con otros procesos) permite entender mejor los datos conocidos y sirve para descubrir otros aspectos y nuevas relaciones. Tales aspectos y relaciones se encuentran contenidas implícita o explícitamente en la formulación inicial del concepto y en las sucesivas reformulaciones que lo enriquecen en el curso de su desarrollo. En todo caso, la condición ineludible para establecer racionalmente una conexión conceptual (ya sea para agregarla a un concepto establecido o para formular un nuevo concepto) es la posibilidad de su verificación en la experiencia. En otras palabras, un concepto nuevo o reformulado debe sugerir posibles efectos experimentales. Por lo tanto, la predicción de lo que luego debe ser sometido a la prueba de la verificación, es algo inherente e inseparable del concepto.

Por su parte, toda hipótesis establecida científicamente tiene que conducir racionalmente a la predicción teórica de algunos acontecimientos, ya que son justamente esas predicciones las que hacen posible a la hipótesis de sufrir la prueba del experimento. Lo que se somete a prueba son justamente las consecuencias posibles inferidas de una hipótesis, mediante un proceso de predicción. Dichas consecuencias orientan, además, el sentido de las investigaciones subsiguientes, tanto en el terreno de la experimentación como en el del desenvolvimiento racional. Por ende, la hipótesis no sólo debe permitir, sino incluso facilitar la ejecución de inferen-

cias que lleven a predecir hechos nuevos, a sugerir nuevas experiencias y a formular nuevas hipótesis.

Los cambios y transformaciones de los procesos están regulados por relaciones constantes, a las que denominamos leyes objetivas. Y esas leyes objetivas se expresan en la forma de proposiciones universales definidas que, en muchos casos, se pueden enunciar en forma de ecuaciones y a las cuales damos el nombre de leyes científicas. Así, la ley científica expresa una relación necesaria, que se cumple en ciertas condiciones y cuyos efectos se manifiestan en acontecimientos determinados. Los efectos dependen tanto de las leyes como de las condiciones específicas; de tal manera que el cumplimiento de una misma ley produce resultados diferentes, cuando cambian las condiciones específicas. En consecuencia, y éste es un conocimiento fundamental que se tiene desde el comienzo mismo de la actividad científica, aun cuando no se pueden cambiar las leyes, ni tampoco es posible sustraerse a su cumplimiento, no obstante, es factible cambiar las condiciones específicas y obtener otros efectos.

Las leyes no determinan el comportamiento de los procesos, sino que los regulan en condiciones determinadas. Ninguna ley expresa lo que ocurrirá singularmente en un cierto proceso (es decir, que no permite predecir algún acontecimiento en particular), sino lo que sucederá (esto es, el acontecimiento que se producirá) cuando se cumplan tales y cuales condiciones. En este sentido, las leyes científicas desempeñan la función de predecir lo desconocido (los cambios que se operan en un proceso) con base en lo conocido (las condiciones específicas que se han determinado). Por consiguiente, la ley explica tanto los procesos de los cuales fue extraída, como los otros procesos de la misma clase, aunque todavía no se conozcan ni se hayan producido. Dicho de otro modo, cuando una ley ha quedado comprobada, explica los procesos que determinaron su formulación y, a la vez, predice el comportamiento futuro de tales procesos y de todos los otros procesos pertenecientes a la misma clase. Por lo tanto, la generalización es una predicción universal.

Una teoría científica está constituida por un conjunto de leyes ordenadas sistemáticamente, que permite explicar el comportamiento de los procesos en un nivel de la existencia y que, cuando se encuentra suficientemente desarrollada, es

susceptible, en principio, de ser expresada en la forma de un sistema postulativo. De esa manera, cuando una teoría es completa y se encuentra bien formulada, resultan tres consecuencias importantes: 1. las leyes conocidas se pueden inferir de la teoría, en la forma de teoremas y son pasibles de verificación experimental; 2. la teoría explica las leyes que la constituyen, agregando algo más que no está contenido en ellas, consideradas por separado, sino únicamente en su conjunto, y 3. la teoría predice y explica por anticipado otras leyes nuevas, conduciendo así al descubrimiento de regularidades cuya existencia no se sospechaba antes de que la teoría quedara formulada. En rigor, el propósito fundamental de una teoría científica consiste en permitir, partiendo de una determinación (o medición) inicial efectuada por un investigador, la inferencia (o el cálculo) de las predicciones concernientes a los resultados de determinación (o mediciones) ulteriores, que sean efectuadas por el mismo investigador o por otros. Una teoría es científicamente verdadera cuando explica los procesos ya experimentados dentro de su dominio, lo mismo que los otros procesos pertenecientes al mismo nivel de la existencia, aunque todavía no hayan sido experimentados. Más aún, cuando se impone la necesidad de formular una teoría más amplia y penetrante (por haberse descubierto hechos que no pueden ser explicados por medio de las teorías establecidas), es indispensable que la nueva interpretación teórica, además de explicar los hechos conocidos (incluyendo los que impusieron la necesidad de esa nueva interpretación) permita la anticipación teórica (o predicción) de otros hechos y haga posible su verificación experimental.

Los principios científicos son aquellas leyes que expresan regularidades en el comportamiento de los procesos, abarcando a la vez varios niveles de la existencia o el universo entero. Por ende, los principios forman parte integrante de varias teorías científicas, o bien, de todas ellas a la vez. Entonces, los principios no solamente son elementos básicos para la constitución de las teorías correspondientes, sino que permiten diseñar la forma de las leyes (esto es, predecirlas), inclusive en el caso de que los datos experimentales no sean suficientes; y, en ciertas ocasiones, sirven también para predecir la estructura de las nuevas teorías, cuando se advierte la necesidad de establecerlas.

Los modelos que se utilizan en la ciencia pueden ser físicos o dialécticos. Un modelo físico es un mecanismo artificial análogo a un mecanismo existente o proyectado, o bien, un sistema de procesos existentes o hipotéticos, con el cual se ponen al descubierto nuevas propiedades del mecanismo o sistema que sirve como original, con base en el funcionamiento del modelo. Un modelo dialéctico es un sistema lógico, descrito en un lenguaje preciso (que puede ser el lenguaje matemático), que es análogo a un sistema de procesos existentes o hipotéticos, con el cual se ponen de manifiesto otras propiedades posibles de los procesos del sistema original. El modelo dialéctico puede ser una teoría ya establecida, pero que corresponda a un sistema diferente; y, también, se puede tomar como original para el modelo una teoría en desarrollo. Los elementos con los cuales se construye un modelo pueden ser tomados de diferentes sistemas o de varias teorías; más aún, en el modelo se pueden introducir propiedades tecnológicas, que no son tomadas en cuenta por las teorías. Entonces, el funcionamiento del modelo (o la ejecución de operaciones en el modelo) permite observar propiedades que luego mediante un razonamiento analógico, son sugeridas como propiedades del original. En todo caso, para comprobar la validez del razonamiento, es necesario someter a verificación experimental la existencia de las propiedades sugeridas por la analogía.

Los modelos se construyen (o se adoptan) con el propósito de predecir el comportamiento de los procesos integrantes del sistema original. Todo lo que se hace con el modelo son predicciones. En cierto sentido, un modelo lo es porque permite la predicción. Por lo demás, para predecir es necesario establecer modelos, o bien, adoptar como modelos a teorías o mecanismos ya construidos. En general, cualquier concepto, hipótesis, ley, teoría, principio (o inclusive, un modelo ya establecido) o explicación, puede servir como modelo o como elemento de un modelo. El cumplimiento de las predicciones establecidas con base en un modelo, es el criterio que permite juzgar acerca de la validez de ese modelo. Así, cuando la predicción establecida conforme a un modelo resulta ser inexacta, es necesario modificar el modelo; y, en el caso de que se acumulen varias inexactitudes o que éstas se repitan con frecuencia, se adopta otro modelo.

La explicación científica de un proceso consiste en: 1. deter-

minar las diversas formas en que se manifiesta su existencia, desentrañando sus enlaces internos y sus interacciones con otros procesos, estableciendo el concepto correspondiente o integrando el proceso en el contenido de un concepto ya formulado, según sea el caso; 2. indagar cuáles son las leyes que gobiernan el comportamiento del proceso, y 3. poner al descubierto el nivel de la existencia al que pertenece el proceso, dilucidando, por ende, la teoría que le corresponde. De esa manera, los conceptos explican las modalidades de la existencia de los procesos, en tanto que las leyes explican su comportamiento y la teoría explica las propiedades generales o condiciones invariantes del nivel en que existen los procesos. Por consiguiente, las leyes explican los conceptos implicados por ellas y, a su vez, las teorías explican las leyes correspondientes a su dominio. Así, cuando ha quedado bien establecido un concepto, es posible predecir los otros procesos que se encuentran incluidos en él. Igualmente, una vez que una ley se encuentra bien determinada, es posible predecir otros aspectos del comportamiento de los procesos que gobierna. En fin, cuando una teoría ha sido bien formulada, es posible predecir las otras leyes que forman parte integrante de ella.

En rigor, la explicación y la predicción son dos aspectos de una y la misma relación lógica, entre los procesos existentes y su determinación por medio del conocimiento científico. La diferencia consiste en que, en la explicación, la relación se refiere a la determinación de acontecimientos ya realizados; mientras que, en la predicción, la relación se refiere a la predeterminación (determinación por anticipado) de acontecimientos que todavía no se realizan. La explicación científica establece las condiciones y leyes (explicadores) para que un acontecimiento (explicando) se produzca, haya resultado o pueda esperarse. El explicando es una consecuencia de los explicadores que son, por una parte, acontecimientos particulares y condiciones específicas y, por otra parte, uniformidades o regularidades expresadas por leyes generales, que pueden ser causales, funcionales o estadísticas. Entonces, cuando conocemos un proceso hasta el punto de haberlo logrado explicar, podemos determinar su comportamiento (es decir, los acontecimientos que se producen en el proceso), tanto en el presente, como en el pasado y en el futuro. En este sentido, tenemos que la predicción consiste en aplicar una explicación determi-

nada a los acontecimientos futuros. Por lo tanto, la predicción implica una *traslación temporal* de la explicación establecida, desde un intervalo de tiempo *pasado* y conocido, hasta otro intervalo de tiempo *futuro* y por conocer. En todo caso, se considera que, si en ese intervalo de tiempo futuro se cumplen las leyes y se presentan las condiciones que explican el acontecimiento, entonces el acontecimiento ocurrirá conforme a la predicción establecida. La posibilidad de efectuar dicha *traslación temporal*, sin alterar las características de los procesos ni su comportamiento, se apoya en la consideración de la invariancia de las leyes ante la *traslación temporal*, como consecuencia de haberse ejecutado una operación de simetría, con base en la homogeneidad y la congruencia del tiempo. En algunas ocasiones, es posible determinar con precisión el intervalo de tiempo futuro en que ocurrirá el acontecimiento previsto; pero, en otros casos, no es posible hacer una determinación precisa y, por lo tanto, queda indefinido cuantitativamente el lapso que transcurrirá antes de que se produzca el acontecimiento previsto. Sin embargo, en ambos casos se tiene la confianza de que dicho acontecimiento se producirá tal y como ha sido previsto.

El conocimiento elemental de los cambios que ocurren en los procesos existentes, se adquiere por medio de la observación. En un principio, la observación consiste en registrar los movimientos y transformaciones percibidos directamente por los sentidos, lográndose establecer así una determinación simplemente cualitativa. Entonces, es posible formular predicciones también puramente cualitativas, a la vez que indefinidas con respecto al momento de su realización. Pero, pronto, la reiteración de las observaciones y el incremento de su exactitud, se traducen en el discernimiento de relaciones cuantitativas entre los procesos. La determinación cuantitativa, con sus procedimientos de contar y medir, pone de manifiesto conexiones más profundas entre los procesos y permite hacer predicciones definidas. Después, el desarrollo de la precisión, tanto en las mediciones como en los cálculos, trae como consecuencia la posibilidad de determinar con exactitud las maneras de reproducir ciertas condiciones, para provocar un resultado previsto, o sea, el cumplimiento de una predicción. En ese momento, la observación queda superada, convirtiéndose en experimento. Entonces se muestra insuficiente el simple

registro de las manifestaciones espontáneas de la existencia, por preciso y amplio que pueda ser, imponiéndose la necesidad de intervenir en el comportamiento de los procesos mismos, para poder comprobar así los resultados previstos con base en observaciones o experimentos anteriores.

Con el experimento, los procesos son producidos artificialmente, esto es, provocando las condiciones para que surjan o para que cambie su comportamiento; lo cual implica la realización de una predicción y su cumplimiento. Además, las propias condiciones se pueden hacer variar dentro de ciertos límites relativamente amplios, haciendo posible la repetición de los procesos, sólo que acelerando o retardando su curso, intensificando o atenuando su desarrollo, o introduciendo otras perturbaciones que lo modifiquen en diversos sentidos. De esa manera, se tiene la posibilidad de variar ampliamente las predicciones, para someter luego a prueba experimental su cumplimiento. El experimento es siempre un ensayo y, efectivamente, muchos de los primeros experimentos que se hacen en un dominio nuevo son ensayos en gran escala. Sólo después, con el desarrollo de los procedimientos de medición, es posible ejecutar los experimentos como ensayos en pequeña escala. El trabajar en pequeña escala, tiene las ventajas de que se pueden ejecutar muchos más experimentos, a menor costo y con un mejor control de las condiciones en que se realizan; además, el empleo de las matemáticas permite obtener resultados más valiosos de un gran número de experimentos en pequeña escala, que de unos cuantos ensayos en gran escala. Por otro lado, el avance de las técnicas experimentales permite amplificar la percepción sensorial, a la vez que penetrar en otros aspectos del comportamiento de los procesos, que no se manifiestan aparentemente. Y, así, se logran afinar las predicciones, incrementando su exactitud y aproximando su cumplimiento cada vez más a la certeza.

En rigor, el experimento no es otra cosa que una intervención planeada en los procesos, dentro de condiciones controladas por el investigador. Por lo tanto, el experimentador tiene que reflexionar, ensayar, tantear, comparar y conjugar muchos elementos, de muy diversas maneras, para predeterminar las condiciones que sean más adecuadas para la realización del objetivo que persigue. Pero, una vez que se consigue predeterminar las condiciones y luego provocar su presenta-

ción, entonces tiene que concentrar su atención en los resultados, preocupándose por conocer las perturbaciones que hayan alterado el comportamiento del proceso y por registrar objetivamente su desarrollo, independientemente de las predicciones que haya forjado al principio. Por consiguiente, el experimento está constituido por tres fases principales. La primera consiste en suscitar la presentación de las condiciones objetivas que se han predeterminado. La segunda fase es la de verificar los resultados producidos por el desenvolvimiento del proceso en esas condiciones, independientemente de las predicciones que sirvieron de base para planear el experimento. Y, la tercera, estriba en comparar los resultados efectivamente obtenidos con las predicciones en cuestión, para comprobar rigurosamente hasta qué punto y de qué manera se han cumplido.

Hablando de una manera general, descubrir es reconocer la existencia de procesos que no se conocían, o nuevas propiedades en los procesos existentes, o bien, una nueva relación entre procesos o propiedades considerados hasta entonces como independientes o sobre los cuales no se había advertido tal relación. Crear es construir una representación de la realidad por medio de la imaginación nacional. Inventar es concebir y resolver problemas nuevos con respecto a procesos, propiedades o relaciones conocidos de cierta manera. Desde luego, entre el descubrimiento, la creación y la invención hay tantas coincidencias, que muchas veces es difícil distinguirlos. En todo caso, el descubrimiento siempre va acompañado por la creación racional de imágenes y provoca la invención de problemas. A su vez, la creación de representaciones racionales es sugerida por los descubrimientos o por los problemas planteados y suscita, entre otras cosas, la concepción de nuevos problemas y la realización de otros descubrimientos. Ahora bien, la invención y la creación son dos formas de la predicción, que se realizan por medio de la imaginación científica, guiada inteligentemente por la razón y apoyada firmemente en los conocimientos comprobados. En cuanto al descubrimiento, cuando se ha podido anticipar teóricamente la existencia de nuevos procesos, de propiedades o de relaciones desconocidas, también se trata indudablemente de otra forma de la predicción. Por lo demás, la predicción de la existencia de

nuevos procesos, es menos frecuente que la predicción del comportamiento futuro de los procesos ya conocidos. En último término, la predicción significa conocer algo por anticipado, independientemente de los medios por los cuales se llegue a dicho conocimiento.

La predicción se basa en la concepción del mundo y se realiza aplicando el método científico. Los conocimientos adquiridos son ordenados sistemáticamente y, en general, esa ordenación no tiene que alterarse cuando se insertan nuevos conocimientos en el sistema; o bien, las alteraciones son tan leves que no afectan al conjunto. De esa manera, la ordenación establecida por la ciencia es válida, en su conjunto, para establecer predicciones acerca de los acontecimientos futuros, ya sea mediante interpolaciones o extrapolaciones, por la predeterminación de posibilidades o, inclusive, formulando conjeturas. La predicción requiere la aplicación de la teoría del desarrollo, esto es, el reconocimiento de que los acontecimientos futuros son el resultado o la consecuencia del desarrollo de los acontecimientos presentes. Por lo tanto, la predicción es posible mediante el análisis de las condiciones anteriores (pasadas y presentes) y de las leyes que rigen el comportamiento de los procesos, las tendencias de su desenvolvimiento y los cauces de su evolución. En particular, el análisis de las leyes es el que permite determinar el carácter, la dirección y el sentido de los cambios que habrán de ocurrir desde el presente hacia el futuro.

La explicación científica, tal como lo hemos dicho, se refiere únicamente a las *regularidades* que se han llegado a conocer en el comportamiento de los procesos; y dichas regularidades son las que reciben el nombre de leyes científicas. Pues bien, tales leyes determinan el comportamiento de los procesos solamente en condiciones bien determinadas, dejando de tomar en cuenta otras muchas condiciones, que son consideradas aleatorias. Por cierto, uno de los descubrimientos fundamentales de una ciencia tan avanzada como la física, ha sido el reconocimiento de la necesidad de especificar con precisión el dominio de las condiciones que son explícables para cada clase de procesos. Dentro de una explicación, los elementos que no son las regularidades caracterizadas por las leyes, son denominados condiciones específicas o, simplemente, condiciones. De esa manera, hasta donde

alcanza el dominio de la explicación, las leyes y las condiciones, en conjunto, especifican el comportamiento de los procesos. Por supuesto, cada vez que es posible y conveniente agregar una nueva especificación, ésta pasa a formar parte integrante de la explicación, considerándola como una condición adicional. Ahora bien, las leyes científicas pueden ser causales, funcionales y estadísticas, según sea el carácter con que hayan sido determinadas las regularidades puestas al descubierto en el comportamiento de los procesos. Sólo que, independientemente del carácter de las leyes que forman parte de ella, toda explicación científica incluye ineludiblemente la predicción. Pero, la predicción sólo tiene sentido dentro de una clase determinada de procesos, respecto a un cierto conjunto de condiciones y con un cierto grado de aproximación.

Cuando las leyes conocidas son causales, entonces la predicción es una consecuencia lógica inmediata que, si está basada en los tres postulados primordiales del conocimiento científico que enunciarnos antes, no suscita ningún problema epistemológico. El carácter causal de las leyes hace que las explicaciones en tiempo futuro (predicciones) queden implicadas biunívocamente por las explicaciones en tiempo presente, con tal que sean suficientemente completas acerca de la situación a la que se refieren. Sin embargo, la certeza de la predicción no puede radicar solamente en la corrección lógica de la inferencia, sino que tiene que ser verificada ineludiblemente al transcurrir el tiempo predeterminado, para quedar confirmada. En esas condiciones, la predicción causal consiste en ejecutar una inferencia para establecer una consecuencia particular, partiendo de las premisas que describen una situación concreta o, inclusive, que constituyen una representación abstracta de la misma. Cuando existe la posibilidad de modificar la consecuencia y se quiere que así suceda, es necesario alterar las condiciones presentes en forma conveniente para producir el efecto deseado. Por lo tanto, se requiere impartir una retroalimentación (*feedback*) proyectada hacia el futuro o, dicho más precisamente, una *prealimentación* (el término en inglés sería *feedahead*), para que se produzca el cambio requerido en el comportamiento del proceso. Más adelante haremos una caracterización definida de este modo

tan importante de corregir la acción futura, que es la prealimentación.

En otros casos, las leyes conocidas son funcionales, es decir, que no determinan las "causas" de los procesos, sino únicamente cómo ocurren y en qué orden, poniendo al descubierto una relación necesaria, que se puede expresar mediante una función matemática:  $y = f(x)$ . En esas condiciones, la predicción también es inmediata, porque a cada valor de  $x$  le corresponde un valor determinado a  $y$  (o varios valores, según sea la clase de función de que se trate). De esa manera, conocida la ley funcional que vincula dos o más acontecimientos  $A$  y  $B$  (o bien,  $A$  y  $B_1, B_2, \dots B_n$ ), entonces se sabe que, si se produce  $A$ , necesariamente se producirá  $B$  (o bien,  $B_1$  o  $B_2 \dots$  o  $B_n$ ). El carácter funcional de las leyes hace que las predicciones (explicaciones en tiempo futuro) queden implicadas unívocamente (si se producirá un solo acontecimiento) o multívocamente (si se puede producir un acontecimiento entre varios posibles), por las explicaciones en tiempo presente, siempre que éstas sean suficientemente completas acerca de la situación a la que se refieren. No obstante, la certeza de la predicción no radica exclusivamente en la corrección del cálculo de los valores de la función, sino que debe ser sometida a la prueba de la experiencia, para poder quedar comprobada. En esas condiciones, la predicción funcional consiste en ejecutar un cálculo para encontrar un valor particular (o varios valores particulares), partiendo de los valores de las variables que se apliquen a la función matemática que representa abstractamente la situación concreta. También puede existir la posibilidad de modificar el resultado y, cuando así se requiere, es necesario alterar los valores de las variables en forma adecuada para conseguir el cambio consecuente en el valor de la función. Por consiguiente, entonces se aplica también una prealimentación, para producir el efecto deseado en el comportamiento del proceso.

En otros casos más, las leyes conocidas no son causales, ni funcionales, sino estadísticas. Las leyes estadísticas corresponden al comportamiento de procesos cuya causa o relación funcional se deja inexplicada, al menos provisionalmente. Entonces, en lugar de seguir indagando, sin resultados tangibles, las posibles regularidades que gobiernan el compor-

tamiento de un proceso singular, lo que se hace es realizar experimentos sobre un gran número de ocurrencias aisladas del tipo definido de proceso y, luego, con los resultados así obtenidos, se calculan los valores medios o promedios de su comportamiento. En todo caso, para el cálculo de esos valores se dispone de algunas reglas empíricas, que se aplican de acuerdo con las circunstancias específicas del caso. Los resultados de dicho cálculo permiten la predicción de ocurrencias futuras de ciertos acontecimientos, no con una certeza completa, pero sí con una probabilidad que, en muchos casos, equivale prácticamente a la certeza. La ley estadística, en lugar de establecer una relación causal o funcional, expresa una relación estocástica, que determina un comportamiento de conjunto. Por ende, la ley estadística es una forma resumida, simplificada, de la conjugación compleja de una multitud de acciones, que son independientes unas de otras y que son imprevisibles en sus detalles.

El carácter estadístico de las leyes hace que las predicciones (explicaciones en tiempo futuro) queden implicadas multívocamente por las explicaciones en tiempo presente, siempre que el número de éstas sea suficientemente grande para que la aplicación del cálculo de las probabilidades pueda considerarse fidedigno. En general, esas predicciones son inciertas y, por ende, se expresan por medio de una función de probabilidad o de un conjunto de funciones de probabilidad. Después, cuando las predicciones son sometidas a la prueba de la experiencia, se verifica alguna de las posibilidades, dentro de la distribución de probabilidades establecida, convirtiéndose así en certeza para el acontecimiento particular que efectivamente se produce; pero, en cambio, seguirá subsistiendo cierta incertidumbre acerca de cuál será el acontecimiento que se producirá concretamente en la experiencia siguiente. De esa manera, la predicción estadística consiste en ejecutar un cálculo para encontrar los valores de probabilidad de las diversas alternativas, partiendo de los valores de las variables que se apliquen a la función o conjunto de funciones de probabilidad. Ahora bien, la modificación de los valores de probabilidad de los resultados posibles, depende de los valores que se puedan dar a las variables y de los límites de su variación. En consecuencia, también es posible aplicar una prealimentación

en estos casos, ya sea para aumentar o para disminuir la probabilidad de una o algunas de las alternativas que ofrece el comportamiento del proceso.

Cuando las leyes (causales o funcionales) admiten implicaciones unívocas y, además, las condiciones se encuentran bien determinadas, entonces es posible hacer predicciones con la mayor exactitud. En cambio, si son multívocas las implicaciones que se desprenden de las leyes (funcionales o estadísticas) y las condiciones, entonces el cumplimiento singular de cada una de las alternativas de la predicción es aleatorio, por más que se haya logrado determinar con toda precisión la probabilidad correspondiente a cada alternativa. En rigor, todas las predicciones científicas son establecidas con cierta probabilidad. Sólo que algunas predicciones tienen una probabilidad tan cercana a la unidad, que podemos considerarlas como certidumbres, para todos los propósitos científicos y prácticos; y, por consiguiente, en tales casos le atribuimos un carácter unívoco a la predicción implicada. En otras palabras, las determinaciones de probabilidad representan el grado de conocimiento adquirido sobre una clase de procesos; y ese conocimiento es el que nos permite determinar una cierta distribución de probabilidad acerca de los acontecimientos posibles en el comportamiento de los procesos en cuestión. Ahora bien, en muchos casos (como sucede con frecuencia en la física clásica), la amplitud de esa distribución de probabilidad se puede llegar a reducir tanto, que resulta despreciable la imprecisión de la predicción. Sin embargo, en otros muchos casos (inclusive en la física clásica misma), la reducción de la distribución de probabilidad tiene límites, transitoria o permanentemente insalvables, que hacen apreciable la imprecisión de la predicción. Por supuesto, a medida que los problemas científicos se hacen más complejos, los cálculos lógicos y matemáticos necesarios para establecer predicciones, resultan más engorrosos; pero, en tales casos, las computadoras se han convertido en auxiliares sumamente eficientes. Por otro lado, el desarrollo riguroso de la analogía y su utilización como método heurístico, permite establecer predicciones con una probabilidad cada vez mayor, sin tener que pasar analíticamente por todas las etapas lógicas.

En el caso de las llamadas partículas elementales de la mi-

crofísica, se ha descubierto y determinado con precisión el límite de la predictibilidad, que se encuentra expresado por el principio de incertidumbre de Heisenberg. Sin embargo, debido a que esa incertidumbre decrece con el incremento de la masa, las partículas pesadas (bariones, núcleos y átomos) se encuentran mucho menos afectados por tal limitación; y el comportamiento de las moléculas y otros agregados mayores, es predecible con una incertidumbre muchísimo menor. Por otra parte, rara vez se hace necesario hacer una predicción precisa del comportamiento singular o instantáneo de las partículas subatómicas; ya que, usualmente, interesan más los procesos de mayores dimensiones, cuyos acontecimientos dependen del comportamiento promedio de un gran número de átomos o moléculas, que es predecible con suficiente precisión. Eso significa que la predicción no será cierta en todos los detalles, sino únicamente en promedio; lo cual es lo que comúnmente se necesita. En este sentido, la predicción de los macroacontecimientos físicos es mucho más precisa que la predicción de los microacontecimientos. Además, en esos casos, la predicción de los acontecimientos físicos concierne solamente a las líneas generales de su desarrollo y a los resultados principales de su evolución.

Con respecto a las ciencias sociales, la situación es análoga, hasta cierto punto; o sea, que los microacontecimientos no influyen individualmente en los grandes acontecimientos, sino que sólo el promedio de un gran número de microacontecimientos ejerce una influencia importante. Así, la predicción científica no se refiere a los acontecimientos sociales en detalle, sino únicamente a las tendencias fundamentales, a las líneas generales de su desarrollo histórico y a sus resultados más importantes y determinantes. En rigor, entre la macrofísica y la microfísica, se tiene la misma relación que entre la macrohistoria y la microhistoria, o entre la macroeconomía y la microeconomía. Por otro lado, es indudable que el nivel alcanzado por el conocimiento en las ciencias naturales, es muy superior al nivel logrado en las ciencias sociales. El conocimiento de las leyes de la naturaleza se apoya en la realización de experiencias muy numerosas y reiteradas desde mucho tiempo atrás, por lo que los registros del comportamiento de los procesos ofrecen el máximo de precisión. En cambio, en las ciencias sociales sucede lo contrario. Esto in-

fluye decididamente en la cantidad de predicciones científicas que se pueden hacer, en las clases de acontecimientos que son predictibles y en la precisión con que se establecen las predicciones. Por eso, las predicciones que se hacen en las ciencias sociales son en corto número, se refieren a unas cuantas clases de acontecimientos y resultan menos precisas. Pero, desde el punto de vista lógico estricto, las predicciones que se pueden formular en el dominio de las ciencias sociales tienen el mismo carácter y el mismo grado de determinación que las predicciones que se hacen en las ciencias naturales, siempre que la profundidad y la amplitud de los conocimientos acerca de las leyes y condiciones en cuestión, sean equivalentes.

En cuanto a los procesos sociales, la acción colectiva de los hombres es capaz de cambiar sus condiciones de manera significativa, modificando así los acontecimientos ulteriores. Igualmente, el hombre puede alterar las condiciones en que se producen los procesos naturales; pero los procesos naturales mismos no pueden cambiar sus propias condiciones. Por consiguiente, esa capacidad humana de cambiar las condiciones de los procesos sociales, de los cuales forma parte integrante el hombre mismo, constituye un nuevo factor que influye decididamente en el curso de los acontecimientos. Además, en situaciones críticas, como son las revoluciones sociales, los hombres son capaces de transformar incluso el régimen de la sociedad, con lo cual también desaparecen ciertas leyes específicas, para ser sustituidas por otras leyes sociales diferentes. Esto constituye igualmente otro factor nuevo, que interviene exclusivamente en el curso de los acontecimientos sociales; a diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, en donde las leyes correspondientes a los diversos niveles siempre coexisten y tienen un cumplimiento inexorable, sin que puedan desaparecer jamás mediante la acción humana, ni tampoco por cualquier otra clase de acción. Ahora bien, la existencia de estos dos nuevos factores que intervienen en el curso de los acontecimientos sociales —el cambio de las condiciones y la transformación de las leyes— permite que las predicciones sirvan de base para influir sobre los acontecimientos previstos, tanto en sentido positivo como negativo. Tal influencia se ejerce impartiendo a los procesos en cues-

ción una prealimentación adecuada, para que se produzcan los cambios consiguientes.

El fundamento de la prealimentación se encuentra en el hecho de que el hombre adapta sus acciones, no sólo con respecto a las necesidades indicadas por las condiciones presentes y pasadas, sino también respecto a las condiciones futuras. La prealimentación consiste en predecir teóricamente un acontecimiento utilizando luego dicha predicción para cambiar las condiciones antes de que se produzca el acontecimiento, de tal manera que ocurra un cambio en el comportamiento del proceso en cuestión. De esa manera, con base en la predicción de un efecto, se obra anticipadamente sobre sus factores, para producir un efecto real diferente. El resultado de la prealimentación es una perturbación en el acontecimiento, que puede consistir en su atenuación, su intensificación, su retardo, su aceleración o cualquier otro tipo de modificación, incluyendo su desaparición o su sustitución por otro acontecimiento diferente. La prealimentación induce el cambio del efecto, mediante la variación de sus factores. En rigor, la prealimentación no es sensible a los factores, sino a las variaciones de los factores en el tiempo. Entonces, a través de la prealimentación, los resultados previstos influyen de manera importante sobre los resultados reales. Por consiguiente, el conocimiento que se tenga acerca de los acontecimientos futuros, contribuye a conformarlos efectivamente dentro de ciertas modalidades. Y, en particular, dentro del dominio social, la conciencia que se tenga sobre los acontecimientos futuros, coadyuva activamente para que se puedan producir más temprano o más tarde, o bien, para que se alteren notablemente.

Para terminar, daremos un ejemplo ilustrativo de la manera como actúa la prealimentación en una actividad humana relativamente simple. Consideremos el caso de un esquiador que desciende a gran velocidad por una pendiente. Desde el momento en que advierte el menor cambio en la pendiente, el esquiador inclina su cuerpo hacia adelante o hacia atrás, para mantenerse en posición perpendicular al suelo. Aparentemente, se trata de una acción de retroalimentación. Pero no es así y, para comprobarlo, basta con hacer que el esquiador se deslice con los ojos vendados. En esa condición, los cambios de la pendiente también repercuten en sus articulaciones y

sus músculos, inclusive cuando son mínimos. Sin embargo, cuando el esquiador registra el desequilibrio que le produce el cambio de la pendiente, ya no tiene tiempo de reaccionar compensándolo por retroalimentación; y, como consecuencia, le es imposible evitar la caída. En cambio, en condiciones normales, cuando el esquiador utiliza su vista, puede observar los cambios de la pendiente con anticipación al momento en que lo van a registrar sus articulaciones y sus músculos y, por lo tanto, a la vez que predice lo que habría de ocurrirle, prepara su cuerpo para hacer frente venturosamente al cambio, inclinándolo de manera conveniente en el momento oportuno. De ese modo, mediante una acción de prealimentación, el esquiador modifica por anticipado ese factor, evitando de antemano el efecto del desequilibrio, que se produciría fatalmente si no recurriera justamente a la prealimentación.

ELI DE GORTARI

## LA PREDICCIÓN EN LAS CIENCIAS SOCIALES MEDIANTE EL USO DE MODELOS ESTOCÁSTICOS

LA OBSERVACIÓN del desarrollo de un fenómeno en el tiempo sugiere, entre otras, dos cuestiones básicas para fines de análisis cuantitativo. La primera de ellas podría plantearse de la manera siguiente: ¿cuáles son los mecanismos que regulan el comportamiento del fenómeno? En otras palabras, si se conviene en que los hechos observados en el pasado son sólo el resultado final visible de la operación conjunta de un complejo de factores, ¿es posible determinar cuáles son, y de acuerdo con qué leyes actúan dichos factores? La segunda se refiere a la permanencia de esos mecanismos en el futuro, es decir, suponiendo que pudiera determinarse un esquema con arreglo al cual el fenómeno bajo estudio se ha desarrollado en el pasado, ¿será dicho esquema el mismo en el futuro, y si no, en qué forma se modificará?

Ambas preguntas son de dificultad evidente. En el primer caso, puede decirse que a partir de una apreciación cualitativa del fenómeno se logra en ocasiones aislar los factores principales, si bien su importancia relativa no siempre es fácil de medir; por otra parte, es también difícil conocer en qué forma la interacción de los factores altera los efectos que cada uno de ellos pudiera tener independientemente. Más aún, podría incluso suceder que la influencia de esos factores sea aleatoria, esto es, sujeta a fluctuaciones de azar reguladas por alguna ley probabilística, lo que complica todavía más el problema, pues no sólo habría en este caso que aislar un grupo de factores causales y determinar sus reglas de operación conjunta, sino además tendría que investigarse el comportamiento estocástico \* de ellos, llevando todo esto implícito un buen grado de incertidumbre.

\* Usaremos como sinónimos los términos "aleatorio", "estocástico" y "probabilístico", dándoles la acepción de "regido por el azar".

Podemos ilustrar lo anterior mediante un ejemplo simple. Un fenómeno de mucho interés es el crecimiento demográfico de un país. Supongamos que se hacen observaciones durante un cierto periodo sobre, digamos, el total de la población que habita en el país en cada uno de varios instantes de observación que podrían ser, por ejemplo, las fechas censales. En este caso podría inmediatamente afirmarse que los factores que *directamente* determinan el total de la población son: a) la mortalidad, b) la fecundidad, y c) la migración. Sin dificultad puede establecerse, además, una ley que relaciona esos tres factores con el total de población a saber:

$$(1) \quad Z_{t+1} = Z_t + N_{t+1} - D_{t+1} + M_{t+1},$$

donde  $Z_t$  es la observación registrada sobre el total de población en el instante  $t$ , y  $N_{t+1}$ ,  $D_{t+1}$  y  $M_{t+1}$  son el número de nacimientos, el número de defunciones y el saldo neto migratorio, respectivamente, registrados en el intervalo  $(t, t+1)$ . La ecuación (1) está expresando una relación cualitativa que no resulta difícil de aceptar como apropiada para nuestro problema; conviene advertir, sin embargo, que generalmente no será tan fácil expresar las relaciones entre los diversos factores involucrados en los fenómenos que nos ocupan.

En este simple ejemplo vemos que la primera pregunta hecha al principio de este artículo ha sido adecuadamente contestada, pues se han determinado los factores causales y se ha llegado a una ecuación que regula su operación conjunta. La observación separada de los registros obtenidos para cada uno de los factores a), b) y c) durante el periodo de referencia debería entonces, al utilizarse con esos datos la ecuación (1), confirmar la validez de la misma.

Consideramos ahora la segunda pregunta, esto es, la referente a la permanencia o invariancia de la relación (1) en el futuro. En nuestro ejemplo parece indudable que el crecimiento demográfico seguirá siendo regido por esa misma relación, de manera que tenemos una base para iniciar una investigación cuantitativa sobre el fenómeno a que nos referimos.

Hemos elegido deliberadamente este sencillo ejemplo para hacer resaltar las dificultades inherentes en un problema de predicción. Colocados frente al problema de prever el futuro,

se han planteado ante todo las dos preguntas con que iniciamos este trabajo. Un sistema de predicción estaría de manera natural basado en la contestación a esas dos preguntas; así por ejemplo, una vez que hemos fijado una ley que regula el crecimiento demográfico, por una parte, y por la otra, que hemos aceptado que dicha ley seguirá estando vigente en el futuro, basta en principio con obtener, para cada uno de los tres factores causales  $a$ ),  $b$ ) y  $c$ ), sus valores futuros para mediante la ecuación (1), prever o predecir los valores correspondientes de la población total  $Z$ .

La ecuación (1) es un modelo que hemos propuesto para describir el fenómeno, pero es evidente que tiene una utilidad muy limitada para propósitos de predicción. Esta limitación se debe a que, en el fondo, no hemos hecho más que sustituir un fenómeno complejo por otros igualmente complejos, de suerte que, si bien sabemos que la población total  $Z$  satisface la ecuación en diferencias (1), ésta a su vez contiene variables  $N$ ,  $D$  y  $M$  cuyo comportamiento individual es tan desconocido, o casi, como el de la misma variable  $Z$ . Esta conclusión nos lleva a la reflexión de que no basta con construir un modelo que refleje la realidad con exactitud; es preciso, además, que el modelo sea operante en el sentido de que permita controlar, o al menos predecir, el comportamiento de las variables exógenas que contiene. En cualquier caso, no es necesario que la capacidad del modelo para describir la realidad sea absoluta; la bondad es relativa a los fines que persigue y que son los que deben determinar el grado de precisión requerido en su construcción. Podemos citar el trillado ejemplo de la geometría euclídeana, la que aun cuando resulta un modelo inadecuado para ciertos problemas de la física moderna, es ciertamente un esquema muy adecuado para la realidad cotidiana.

Para simplificar la exposición consideraremos que se tiene, de una parte, una variable  $Z$  que es la expresión numérica de la realización del fenómeno, cuyo valor futuro se trata de predecir, y un conjunto de variables  $X^{(1)}, \dots, X^{(k)}$ , que corresponden a los factores causales relacionados con  $Z$ . Por otra parte, supondremos que la observación anterior del complejo  $(Z; X^{(1)}, \dots, X^{(k)})$  sugiere o confirma la posible existencia de una estructura que establece las relaciones entre  $Z$  y  $X^{(1)}, \dots, X^{(k)}$ .

Un sistema de predicción sobre el complejo  $(Z; X^{(1)}, \dots, X^{(k)})$  consiste en un conjunto de reglas que operan bajo el supuesto de que la estructura propuesta a partir de la observación del complejo se mantendrá constante en el futuro; en este caso, la especificación de valores para las variables "exógenas"  $X^{(1)}, \dots, X^{(k)}$  en el futuro proporcionará, a través de tal estructura, un pronóstico acerca del valor de  $Z$ . Alternativamente, puede esperarse una modificación a esa estructura, y en este caso no es apropiado utilizar la misma relación vigente en el pasado para la obtención del pronóstico; será entonces necesario prever la modificación que sufrirá la estructura para aplicar las reglas del sistema a la nueva estructura resultante.

Trataremos de aclarar estos puntos mediante un intento de clasificación de las estructuras a que nos referimos. Los modelos que describen las interrelaciones con el complejo  $(Z; X^{(1)}, \dots, X^{(k)})$  pueden ser *deterministas puros*, *deterministas con perturbación*, o *estocásticos*. En lo que sigue analizaremos cada uno de estos modelos en términos generales.

Supongamos que existe una relación de la forma  $\varphi(Z, X^{(1)}, \dots, X^{(k)}) = 0$  entre  $Z$  y las variables exógenas  $X^{(1)}, \dots, X^{(k)}$ ; estas variables pueden ser valuadas en un instante  $t$  cualquiera. Entonces, el valor  $Z_t$  obtenido de  $\varphi = 0$  es el resultado de una predicción basada en un modelo determinista.

La especificación completa del modelo está, en general, dada por una relación de la forma.

$$Z_t = \Psi(Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_0; X_t^{(1)}, \dots, X_t^{(k)}),$$

esto es, incluyendo los valores anteriores de  $Z$  como variables exógenas en el proceso de predicción, además de los valores al tiempo  $t$  de  $X^{(1)}, \dots, X^{(k)}$ .

Los modelos deterministas son muy usados todavía en el tratamiento matemático de la economía, así como en problemas de proyección demográfica, entre otros campos. Es usual, por ejemplo, el siguiente modelo: si  $N(j, t)$  denota el número de personas que en el instante  $t$  tienen la edad  $j$ , y si  $\Phi(j, t)$  y  $\sigma(j, t)$  son las tasas anuales de fertilidad y supervivencia para las personas con esas características, entonces

$$(2) \quad N(j, t) = N(j-1, t-1) \cdot \sigma(j-1, t-1),$$

para  $j \geq 2$ , con la condición  $N(1, t) = \sum_j N(j, t-1) \cdot \Phi(j, t-1)$ , y estas relaciones permiten predecir la estructura de la población en cualquier instante  $t$ , sobre la base, como es natural, de suponer un cierto comportamiento de las funciones  $\Phi$  y  $\sigma$  en el futuro.

La comprobación del modelo propuesto en el párrafo anterior [ecuación (2)] presenta ciertos problemas que de manera natural nos llevan a considerar una modificación de su estructura. Es obvio que la ecuación (2) representa solamente una relación entre probabilidades y valores esperados, y sería sumamente improbable que en una realización dada del fenómeno se obtuvieran precisamente los valores pronosticados mediante esa ecuación. Nos estamos refiriendo al hecho de que las tasas  $\Phi$  y  $\sigma$  representan, de hecho, probabilidades de reproducción y de supervivencia para un individuo en un año dado, de manera que el *valor esperado* del resultado de la operación de estos factores, sobre cada uno de los grupos de edad, está justamente dado por (2), y lo natural es que en realidad tengamos

$$(3) \quad \begin{aligned} N(j, t) &= N(j-1, t-1) \cdot \sigma(j-1, t-1) + E(j, t); \\ N(1, t) &= \sum_j [N(j-1, t-1) \cdot \Phi(j, t-1) + E(j, t)], \end{aligned}$$

donde  $E(j, t)$  representa una perturbación aleatoria que incorpora la variación atribuible a elementos "erráticos" o "impredecibles" en el fenómeno.

En general, la consideración de estas perturbaciones aleatorias nos llevaría a considerar una relación de la forma

$$(4) \quad Z_t = \Omega(Z_{t-1}, \dots, Z_0; X_t^{(1)}, \dots, X_t^{(k)}; E_t),$$

y esto será llamado un modelo determinista con perturbaciones aleatorias.

La introducción de las variables  $E(j, t)$ , en el ejemplo de proyección demográfica del párrafo anterior, tiene como una primera consecuencia que no sea posible llevar a cabo la predicción en la misma forma que en el caso determinista. Puesto que estamos aceptando la presencia de elementos aleatorios, esto es, impredecibles, deberemos entonces estar dispuestos a presentar una predicción sujeta a una variación o error inherente al método. Podemos interpretar el modelo dado por

(4) como una ley que regula el comportamiento de la variable  $Z_t$ , excepto por una cantidad  $E$  que será más o menos pequeña según lo adecuado de la parte sistemática (esto es, la que no contiene valores aleatorios) del modelo para describir el fenómeno.

De hecho, se ha establecido una distribución de probabilidad para  $Z_t$  que depende de los valores anteriores  $Z_{t-1}, \dots, Z_0$  y de las variables exógenas  $X_t$  en calidad de parámetros. Cualquier proposición respecto de  $Z_t$  deberá entonces formularse en términos probabilísticos; por ejemplo, una declaración tal como " $Z_t$  tomará el valor  $k$ ", esto es, una predicción al momento  $t$ , no tiene ahora sentido, y sólo puede hacerse mediante la especificación de la probabilidad que tiene asociada. Nótese que de cualquier forma se está suponiendo, para fines de predicción, una estructura invariante en el modelo (4), esto es, se acepta que la relación entre  $Z_t$  y los parámetros seguirá siendo la misma en el futuro. La variabilidad esperada en la predicción proviene, no de una posible modificación estructural, sino de la aleatoriedad en la acción del mecanismo regulador que se tiene formalmente incorporada en el modelo.

Lo anterior nos coloca, sin embargo, frente a uno de los problemas más serios en el intento de predicción, el problema de identificación. La imposibilidad de experimentación controlada en la mayoría de los fenómenos sociales permite sólo la observación pasiva de los mismos, y no hay la facilidad de poder hacer variación independiente de cada uno de los factores que intervienen en un modelo dado. Esencialmente, la raíz del problema estriba en que el mismo conjunto de observaciones puede satisfacer muy diversas formas de postular el modelo, y entonces no se tiene un criterio objetivo para evaluar lo apropiado de ese modelo para el fenómeno bajo estudio.

La variación o discrepancia entre la observación y el modelo propuesto tiene dos fuentes que *a priori* son inherentes al modelo. La primera de ellas es la influencia del elemento aleatorio  $E$ , que en el fondo está solamente reflejando (al menos en teoría) nuestra incapacidad o ignorancia para asimilar en una situación dada las numerosas variables, individualmente insignificantes, pero quizá explicativamente importantes en forma agregada. La segunda es el omnipresente error de obser-

vación: aun suponiendo que en realidad el modelo estuviera efectivamente recogiendo la estructura completa del fenómeno, los instrumentos de medición son, especialmente en las ciencias sociales, de una gran imprecisión, y debe entonces considerarse que la observación registrada no necesariamente es igual a la realidad. El efecto conjunto de ambas fuentes es una discrepancia entre lo que proporciona el modelo (ya sea en predicción o en verificación contra el pasado) y la realidad registrada, y el problema es entonces decidir si esa discrepancia es "aceptable", esto es, consistente o congruente con el modelo y con la distribución prescrita de los errores  $E$  y la magnitud esperada en los errores de observación, o si, por el contrario, lo que indica es que el modelo no es adecuado para el caso, esto es, que el error realmente se debe a la elección de un modelo equivocado.

Éste ha sido un problema central en la econometría, y existe una amplia literatura indicativa de su importancia. En la década anterior hubo una tendencia a formalizar el problema con vistas a obtener criterios adecuados para tomar decisiones (véase, por ejemplo, los artículos de Wold y Hurwicz, \* como ejemplos del enfoque usado en el problema); sin embargo, el hecho es que aún no hay soluciones realistas, y la falla continua de los modelos macroeconómicos en su intento de describir y predecir la realidad nos hacen, en las palabras de Wold, "otear el horizonte ansiosamente en busca de señales de progreso".

Podemos reformular el problema de predicción mediante el uso de modelos deterministas con perturbaciones de la siguiente manera: consideremos una sucesión de variables aleatorias  $\{Z_t\}$ , y un mecanismo de generación, que hemos denotado con  $\Omega$  [véase la ecuación (4)]. A esto le llamaremos un *proceso estocástico*, \*\* y en términos generales el problema de predicción consiste en establecer una ley de probabilidad condicional  $P_r(Z_t \in C \mid Z_{t-1}, \dots, Z_0)$ , esto es, la probabilidad de que  $Z_t$  tome valores en un conjunto  $C$ , condicional a los valores (fijos)  $Z_0, \dots, Z_{t-1}$ . Éste es, por supuesto, un problema de gran dificultad excepto en casos simples; a continuación

\* En T. C. Koopmans, ed., *Statistical Inference in Dynamic Economic Models*, J. Wiley, New York, 1950.

\*\* En realidad, como estamos usando valores enteros de  $t$ ,  $Z$  debería especificarse como un proceso con parámetro temporal discreto.

veremos brevemente diversos ejemplos con grados variables de dificultad.

El modelo más elemental considera una relación de la forma  $Z_t = \Omega(X_t^{(1)}, \dots, X_t^{(k)}; E_t)$ , esto es, no supone una dependencia directa entre  $Z_t$  y los valores anteriores del proceso (difícilmente justifica este modelo la denominación de proceso estocástico). Esta situación es conocida en la terminología estadística bajo el nombre genérico de *regresión*, y ha sido ampliamente estudiada en el caso particular en que  $\Omega$  es una función lineal de las variables  $X_t$  y el error  $E_t$ . La noción vulgar de lo que es la econometría la restringe al estudio de este tipo de relaciones entre variables económicas para fines inmediatos de estimación, es decir, para la determinación estadística de los coeficientes de la forma lineal  $\Omega$  sujeta a ciertas condiciones de varianza mínima o similares, bajo suposiciones más o menos amplias respecto de la distribución de probabilidad de los errores  $E$ .

Una forma más general, y ciertamente la más usada en las aplicaciones económicas, de este modelo, supone que la variable  $Z_t$  es en realidad un vector  $Z_t = (Z_{t1}, \dots, Z_{tp})$ , de manera que se tiene entonces un sistema de ecuaciones

$$(5) \quad (Z_{ti} = \Omega_i(X_t^{(1)}, \dots, X_t^{(k)}; E_{ti}), i = 1, 2, \dots, p,$$

donde, como ya dijimos arriba, el problema es esencialmente de estimación estadística.

Una de las direcciones más importantes en la investigación econométrica es la búsqueda de métodos de estimación con propiedades estadísticas aceptables, ya que frecuentemente la forma de las funciones  $\Omega_i$  (o bien una fuerte interdependencia entre ellas) hace imposible utilizar los métodos clásicos de la estadística.

Ahora bien, desde el punto de vista del problema de predicción la situación es considerablemente más complicada, debido a que, en primer lugar, este modelo implica homogeneidad en el tiempo de las relaciones  $\Omega_i$ , y en segundo, supone una falta absoluta de memoria en el proceso al establecer la distribución de  $Z_t$  independientemente de los valores anteriores  $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots$ . En muchos fenómenos es indudable la presencia de un mecanismo de autorregulación que modifica la estructura del proceso según los valores que éste adquiera, y en

estos casos es evidentemente inapropiado el uso de este tipo de modelos.

Podemos ahora intentar una clasificación de los modelos de la forma general (5) y examinar someramente algunas de sus propiedades desde el punto de vista del problema de predicción.

El modelo formalmente más simple es el conocido como "serie cronológica" o "serie de tiempo". Éste consiste en suponer que el fenómeno se realiza en un proceso  $\{Z_t; t = 0, 1, \dots\}$  (escalar o vectorial), generalmente representado mediante

$$(6) \quad Z_t = T_t + S_t + E_t,$$

donde  $T_t$  es una "tendencia" a largo plazo,  $S_t$  es una variación de tipo estacional, y  $E_t$  algún tipo de proceso estocástico estacionario. El problema de predicción en este contexto se refiere a la determinación de una forma (por ejemplo, polinomial o sinusoidal) para las componentes deterministas  $T$  y  $S$ , y la extrapolación de éstas hacia el futuro, con la debida consideración a los residuos  $E$ . La serie cronológica ha sido en el pasado un instrumento muy usado en el análisis de series económicas y demográficas, donde se reconoce claramente la presencia de cambios evolutivos y estacionales, pero casi nunca se ha puesto la atención suficiente al estudio del proceso estacionario  $\{E_t\}$ . Nótese que, de hecho, el modelo está suponiendo una variación simplemente debida al transcurso del tiempo, esto es, "como si  $Z_t$  cambiara sólo porque el tiempo pasa", sin tratar siquiera parcialmente de explicar esta variación a través de algún otro fenómeno relacionado.

En cierto tipo de aplicaciones puede ser muy adecuado el análisis mediante la teoría de las series cronológicas, como por ejemplo en el estudio de factores demográficos tales como la mortalidad y la fecundidad, donde por una parte resulta difícil relacionar de alguna manera el comportamiento de estos factores con otros fenómenos estables y observables, y por la otra, se trata de situaciones donde la variabilidad de las observaciones es relativamente baja y atribuible más a errores de observación que a fluctuaciones efectivas del fenómeno; en consecuencia, se tiene mayor confiabilidad en los resultados de la predicción. Nos referimos aquí, por supuesto, a la predicción hecha sobre el fenómeno mismo, y no, como suele

ser el caso, a situaciones de las que éste forma sólo una parte. Así, por ejemplo, si bien las predicciones sobre valores futuros de la mortalidad o la fecundidad pueden ser muy acertadas usando un modelo de series cronológicas, la validez de una proyección de población con base en aquéllas está sujeta a que el modelo elegido para el crecimiento de la población sea el adecuado; en otras palabras, no estamos más que advirtiendo que un buen ingrediente puede llevar a un resultado pobre si no se procesa en la forma apropiada.

Desde el punto de vista del estadístico es difícil hacer consideraciones adecuadas acerca del error en el análisis de procesos de la forma (6), puesto que la mayor parte del énfasis está puesto en las componentes no estacionarias, para las que se suponen casi siempre formas arbitrarias con vistas a un "ajuste" bueno a las observaciones recientes. Resulta paradójico que el elemento que suele recibir menos atención en la práctica sea el proceso estacionario  $E_t$ , cuya teoría se ha desarrollado hasta un nivel muy avanzado, y en cambio se estudie con mayor interés la parte sistemática, que tiene un carácter arbitrario y circunstancial.

Un segundo tipo de modelos de la forma (5) son las ecuaciones macroeconómicas de la econometría. En este caso las variables  $X_t$  no son obtenidas a partir de un simple ajuste de curvas a los datos observados, como en las series cronológicas ordinarias, sino que se trata de factores económicos (o de otra naturaleza) conocidos como variables "exógenas", y que supuestamente explican el comportamiento de la variable "endógena"  $Z_t$ . En la literatura contemporánea se consideran casi siempre relaciones de tipo lineal entre las variables de la forma.

$$(7) \quad Z_t = L_1 (Z_{jt}, Z_{t-1}, \dots, Z_0; X_t, X_{t-1}, \dots) + E_{1t}.$$

$$j \neq i$$

Los modelos de regresión a que nos referimos anteriormente entran como un caso especial en donde la función  $L_1$  no incluye los valores  $Z_{jt}$  corrientes; dentro de la forma general (7) entran los sistemas conocidos como cadenas causales, y una característica de estos modelos es que la forma lineal  $L_1$  se usa como predictor *eo ipso* de  $Z$  (esto es,  $L_1$  se define como la esperanza matemática condicional de  $Z$  cuando los paráme-

tros exógenos y endógenos toman un valor fijo). En notación matricial podemos escribir

$$(8) \quad Z_t = QZ_t + PW_t + E_t,$$

y esto recibe el nombre de *forma estructural* del modelo; de aquí podemos pasar a la *forma reducida*

$$(9) \quad Z_t = (I-Q)^{-1} PW_t + (I-Q)^{-1} E_t.$$

El término “estructural” se refiere a que en esa forma están patentes las suposiciones básicas del modelo, en tanto que en la forma reducida difícilmente pueden reconocerse las mismas; la ventaja de esta última es que todas las variables endógenas se encuentran en el miembro izquierdo de la ecuación, y por otra parte la expresión  $(I-Q)^{-1} PW_t$  sigue siendo un predictor *eo ipso* de  $Z_t$ . El proceso de predicción se efectúa en cadena, esto es, el pronóstico del valor  $Z_{t+T}$  se obtiene calculando primero  $Z_t, Z_{t+1}, \dots, Z_{t+T-1}$  con la fórmula (9), de modo que cuando se ha obtenido el valor para el periodo  $t+i$ , éste se usa como si fuera una observación en el pronóstico para el periodo  $t+i+1$ . Obviamente, a medida que  $T$  sea mayor, también lo será la variabilidad del pronóstico, y con esto nos estamos refiriendo no solamente a la dificultad de hacer un pronóstico que se aproxime a la realidad, sino a la variabilidad intrínseca de la predicción respecto del propio modelo supuesto. En otras palabras, la varianza (en la terminología del estadístico) de la estimación crece con  $T$  proporcionalmente a la suma de los cuadrados de los parámetros (véase por ejemplo el artículo de Wold).\*

El problema fundamental continúa siendo, por supuesto, la especificación del modelo. Nos hemos referido arriba al uso de las ecuaciones lineales en la econometría, y ciertamente hay que reconocer, con Leontiev, que la decisión sobre la estructura de un sistema analítico depende en gran medida de la cantidad y confiabilidad de la información disponible para su elaboración y confrontación posterior con la realidad. Generalmente la calidad y la disponibilidad oportuna de la información estadística para poner en marcha un modelo no corresponde al grado de refinamiento y complejidad del

\* Wold, H., *Toward a verdict on macroeconomic simultaneous equations*, Pontif. Acad. Scripta Varia, núm. 28, 1965.

mismo. Se despliega un esfuerzo enorme en la elaboración de métodos estadísticos con la finalidad de reducir los errores de muestreo inherentes al modelo teórico, pero de cualquier manera estos errores decrecen al aumentar el tamaño de la muestra, y en cambio los errores de especificación y la pobreza del material estadístico se ignoran, "cazando los mosquitos, pero dejando pasar los camellos", para usar la pintoresca expresión de Wold (*op. cit.*).

Recientemente ha habido señales de aumento en la preocupación respecto de la magnitud de los errores debidos a la incorrecta especificación del modelo. Por ahora, es claro que no se puede intentar todavía una investigación a fondo sobre este problema, pues no están disponibles las herramientas teóricas para aislar los efectos del error de especificación de los errores propios del modelo y de los errores observacionales. Sin embargo, los primeros pasos en el análisis teórico cualitativo de este problema se están dando ya, y aun cuando están orientados a los campos que mayores facilidades o posibilidades experimentales proporcionan, seguramente serán una base para indicar la extensión de este tipo de crítica a otras áreas. Por ejemplo, Baumol y Bushnell\* han llevado a cabo un estudio sobre lo adecuado de la aproximación lineal a situaciones en que existe un cierto grado de no-linealidad, en el área de la programación lineal. Partiendo de la proposición de que la linealidad es más bien la excepción que la regla en los problemas de programación económica, dichos autores examinan una gran variedad de situaciones y las prueban experimentalmente, con la conclusión de que existen diferencias muy sustanciales entre la solución encontrada mediante la aproximación lineal y la obtenida usando modelos con un grado moderado de no-linealidad, constituyendo esto una seria advertencia sobre el uso indiscriminado de modelos lineales.

En tanto que no se avance más en esta dirección, nos encontramos en una situación similar a la del estadístico clásico, que es capaz de separar teóricamente, mediante el análisis de la varianza, los efectos de los factores que intervienen en algún proceso, y de hacer inferencias respecto de su magnitud relativa o significación estadística, bajo la hipótesis fundamental de que los mecanismos aleatorios en el fenómeno estudia-

\* *Econometría*, vol. 35, 1967, pp. 447-471.

do se comportan de acuerdo con un modelo especificado. Sin embargo, una modificación a esta suposición hace tambalear todo el edificio inferencial y deja al experimentador armado sólo con la esperanza de que sus métodos sean suficientemente robustos para no sufrir demasiado con esa modificación.

Hasta ahora hemos analizado los modelos caracterizados por una estructura esencialmente determinista, con componentes aleatorias cuyo papel consiste en resumir a la vez incertidumbre respecto del modelo y errores inherentes al proceso de observación de la realidad. Intentaremos, en lo que sigue, describir de manera sucinta un enfoque radicalmente diferente y que tiene como punto de partida la idea misma de la aleatoriedad de los fenómenos considerados.

Refiriéndonos de nuevo a una relación tal como (4), encontramos que ésta establece, en general, una distribución de probabilidad conjunta entre las variables involucradas. Como vimos antes, esta distribución aparece como un dato en el problema. El punto de vista que intentamos ahora describir inicia el tratamiento del problema un paso antes: plantea primero la pregunta acerca de cuál es esa distribución, y si es posible deducirla a partir de consideraciones elementales y, hasta donde sea posible, inobjetables, respecto de las condiciones del problema.

Para ilustrar, aunque sea de manera muy simple, esta diferencia en el enfoque (que, como veremos corresponde de hecho a una radicalmente diferente actitud mental) imaginemos que se trata de estudiar un sencillo problema físico, el de describir el movimiento de un cuerpo que, bajo la acción de la gravedad, cae desde una altura determinada. Como es bien sabido, la forma de abordar este problema consiste en aceptar una hipótesis inicial, a saber, que la gravedad impone sobre un cuerpo una aceleración constante. Esta simple proposición (que, por otra parte, es eminentemente razonable, pues a primera vista parece difícil sugerir una forma alternativa para el comportamiento de la aceleración) basta para deducir mediante sencillas operaciones matemáticas toda la información respecto de la velocidad y la posición del objeto en un instante cualquiera, esto es, permite predecir el comportamiento del objeto en su caída libre en el transcurso del tiempo.

Una forma alternativa de estudiar este fenómeno procede-

ría estableciendo *directamente* relaciones entre las diferentes variables tales como tiempo, distancia, y velocidad (e incluso otras que, como la temperatura y humedad ambiente, altura sobre el nivel del mar, etcétera, serían despreciadas en primera aproximación por un físico), a partir, por ejemplo, de observaciones efectuadas sobre diversas realizaciones del experimento, y quizá asignando posteriormente alguna significación física a los coeficientes o parámetros que aparecieran en esas relaciones. Este procedimiento es, sin duda, menos efectivo que el anterior; en primer lugar, requeriría un trabajo observacional más extenso, pero sobre todo estaría ignorando la posibilidad de utilizar "leyes" naturales de gran atractivo y simplicidad (tales como, en nuestro caso, la constancia de la aceleración debida a la gravedad), que aplicadas inteligentemente pueden conducir, mediante la metodología matemática adecuada, a una gran riqueza de resultados que colaboran seguidamente con una comprensión más profunda de los fenómenos y que, además, suelen concordar con la realidad observada.

Una de las objeciones principales al enfoque deductivo, desde el punto de vista de las ciencias sociales, es que en este campo las leyes naturales son más escasas, o cuando menos más difíciles de establecer. Probablemente por no encontrarse postulados con suficiente evidencia experimental que los respalde, o quizá debido a la insuficiencia del instrumental matemático disponible para desarrollarlos, el hecho es que la atención se ha dirigido a plantear modelos como los que hemos revisado antes en este artículo, para tratar de predecir el desarrollo de los fenómenos, con resultados hasta ahora poco satisfactorios.

Indicaremos a continuación la forma de proceder en la construcción de modelos estocásticos a partir de consideraciones elementales sobre la naturaleza de los fenómenos estudiados; nos referiremos concretamente a diversos campos de las ciencias sociales en los que aún es práctica común el uso de modelos deterministas, tales como la demografía y la economía.

Una teoría muy conocida en el estudio de poblaciones es la de los llamados "procesos de nacimiento y muerte", que son el resultado de los siguientes postulados: consideremos una población de individuos, cuyo número al instante  $t$  denotamos con  $N(t)$ . Cada uno de ellos está sujeto a una morta-

lidad que opera de manera que en un pequeño intervalo de tiempo la probabilidad de muerte en un individuo dado es proporcional a la longitud del intervalo, y es la misma para todos los individuos. Análogamente, cada uno de ellos puede producir otro nuevo individuo durante un pequeño intervalo con una probabilidad constante y proporcional a la longitud del intervalo. El desarrollo de estas proposiciones conduce, como es bien sabido, a una distribución de probabilidad, digamos  $P(n,t)$ , que da las probabilidades de que en el grupo en cuestión alcance el tamaño  $n$  en el instante  $t$ . Puede incluso hacerse variar las tasas de mortalidad y fecundidad con el tiempo, para obtener así un resultado más general (véase, por ejemplo, la obra de Bharucha-Reid \* para un tratamiento completo de estos procesos).

Notamos que los postulados enunciados arriba no son muy satisfactorios en cuanto a su concordancia con la realidad (por ejemplo, no todos los individuos se reproducen, sólo los de un sexo, y éstos además con diferente frecuencia según la edad). Sin embargo, ilustra este modelo cómo puede obtenerse con relativa facilidad la distribución  $P(n, t)$ , que proporciona toda la información respecto del fenómeno en el transcurso del tiempo y permite hacer predicciones al futuro, tomando en cuenta el contenido probabilístico del proceso; esto es, en vez de llevar a la predicción determinista, o en todo caso a la basada en la variabilidad de los parámetros o de las variables exógenas involucradas en otros modelos, este enfoque proporciona en todo momento una distribución de probabilidad a partir de la cual, y con los riesgos determinados, puede hacerse la inferencia al futuro.

La teoría matemática se ha desarrollado, por supuesto, hasta permitir la incorporación de postulados realistas, y así el uso de los procesos de nacimiento y muerte, junto con la llamada teoría de la renovación (también ésta es una parte de la teoría matemática de la probabilidad), han producido resultados muy profundos no sólo sobre el fenómeno de crecimiento de las poblaciones, sino también sobre los cambios en las estructuras de sexos y edades, que serían imposibles, o al menos muy difíciles, de predecir mediante modelos deterministas.

\* A. T. Bharucha-Reid, *Elements of the Theory of Markov Processes*, McGraw Hill, New York, 1960.

En el campo de la economía ha habido recientemente varios intentos de describir la realidad mediante modelos estocásticos. Pueden mencionarse particularmente a Steindl, S. S. Sengupta y Tintner y JK Sengupta,\* cuyos trabajos revelan la inquietud por los problemas que hemos comentado en este artículo. Steindl se refiere específicamente a la ley de Pareto, uno de los pocos ejemplos de lo que sería una ley empírica, y hace un estudio exhaustivo de las diversas formas en que podría concebirse un modelo económico que diera origen, como resultado de un proceso estocástico, a dicha ley. Es notable la persistencia del éxito que obtiene en estos intentos, comprobando así las cualidades de versatilidad y flexibilidad de la teoría en el tratamiento de estos problemas. El estudio que hace, por otra parte, Sankar Sengupta de los fenómenos microeconómicos abre otro interesante campo en la aplicación de los procesos estocásticos, al ilustrar cómo puede llegarse a resultados comprobables empíricamente a partir de postulados muy flexibles. En ambos casos el punto de partida es análogo al que describimos antes para el estudio de las poblaciones, y los resultados son también distribuciones de probabilidad, en general dependiendo de parámetros con mucha significación real y cuya variación experimental con fines de estudio de alternativas es relativamente fácil de hacer.

Quizá la principal desventaja del enfoque aleatorio es que la complejidad matemática es mucho mayor que la usada en los modelos deterministas. Esto, por una parte, ha sin duda desalentado a los interesados potenciales en su aplicación, retrasando así su incorporación a la metodología de las ciencias sociales. Además, la teoría de los procesos estocásticos posee suficiente atractivo en su nivel matemático como para que su desarrollo como rama abstracta de las matemáticas esté asegurado, y las referencias en todo caso son a problemas de las ciencias naturales, en las que los métodos matemáticos utilizados son ciertamente muy avanzados, lo que permite establecer la comunicación directa entre los especialistas, ventaja ésta de la que hasta ahora no han gozado con amplitud las ciencias sociales. No cabe duda que los problemas de descripción y predicción en esta área estarán más cerca de su

\* Steindl, J., *Random processes and the Growth of Firms*, Griffin, London 1965. Sengupta, S. S., *Operations Research in Sellers Competition*, J. Wiley, N. Y. Tintner, G. y JK. Sengupta, en *Essays in Economic Dynamics*, Warsaw, 1965.

solución cuando el uso de los métodos probabilísticos esté al menos tan generalizado como lo es ahora el de los métodos cuantitativos tradicionales.

TOMÁS GARZA H.



# LAS PREDICCIONES EN CIENCIAS SOCIALES Y LOS MODELOS ECONÓMICOS \*

## 1. Introducción

EL DESARROLLO de las ciencias sociales se realiza esencialmente a partir de la observación empírica y no experimental de los sujetos de las decisiones en los respectivos campos de investigación. Resulta así natural calificar a las ciencias sociales como ciencias empíricas. De entre ellas es la ciencia económica la que ha alcanzado un más alto grado de desarrollo y fundamentación cuantitativa.

En cambio, las ciencias naturales son esencialmente de base experimental. Esta característica fundamenta la introducción plena del diseño de experimento y su consecuencia inmediata, la cláusula *ceteris paribus*. El diseño de experimento como fue elaborado y se aplica en las ciencias naturales es de limitada aplicación en las ciencias sociales. En cambio adquiere especial relevancia el concepto de permanencia estructural, el que permite un enfoque dinámico en la explicación de una realidad, localizar sus sectores vulnerables, sus dependencias y dualismos a la vez que participa fecundamente en la fundamentación de las predicciones científicas y en la toma de decisiones. Los objetivos de la predicción y la decisión serán mejor cumplidos si se realizan a partir del conocimiento fundado provisto por el análisis de la permanencia estructural. Este concepto fue introducido por Ragnar Frish [Ref. 8] con el nombre de autonomía y T. Haavelmo [Ref.

\* El autor expresa su más sincero agradecimiento al profesor Oskar Morgenstern por sus estimulantes comentarios. El presente trabajo fue realizado en el Econometric Research Program de la Universidad de Princeton y desarrollado en los seminarios del mismo centro de investigación, beneficiándose de los comentarios de sus colegas.

11] contribuyó a su sistematización. Posteriormente, en la reunión de la Sociedad de Econometría realizada en 1954, en Upsala, los economistas R. Bentzel y B. Hansen propusieron el nombre de permanencia, que tuvo general aceptación.

A continuación se introduce el concepto de permanencia estructural para luego realizar su utilización con fines de explicación, predicción y decisión. El desarrollo conceptual y los ejemplos ilustrativos tienen como marco de referencia el análisis econométrico.

## 2. *Concepto de permanencia estructural (P.E.)*

Una ecuación posee la propiedad de permanencia estructural, si ella conserva su validez, o sea, sigue explicando el comportamiento de los sujetos de la actividad económica, en un determinado sector (subsector, etcétera), con análogo rigor y representatividad, después de haberse producido cambios estructurales que puedan incluso invalidar a otras ecuaciones de la estructura. Estos cambios pueden originarse en algunas de las siguientes causas:

a) Cambios en el comportamiento de los sujetos de la actividad económica; cambios en los gustos de los consumidores que generan nuevas ecuaciones de demanda; cambios en las propensiones a consumir y a ahorrar de la población con sus efectos sobre las funciones de consumo e inversión, etcétera;

b) Cambios tecnológicos, consecuencia de la incorporación de una nueva tecnología creada en el medio o asimilada. Ella determinará una nueva función de producción, una distinta asignación de recursos y cambios en la función importación, entre otros muchos efectos estructurales;

c) Cambios institucionales y legales que pueden tener su origen en una reforma del sistema impositivo, del régimen vigente de seguridad social, del sistema financiero (cambios en la tasa de redescuento, en las tasas de efectivo mínimo, etcétera), de la legislación laboral, etcétera. Estos cambios modificarán la composición del gasto público, la inversión (pública y privada), el consumo, etcétera, lo que dará nacimiento a nuevas ecuaciones estructurales en los varios sectores de actividad en que dichos cambios actúen como causas.

### 3. Formulación matemática. Permanencia estructural parcial y total

A fin de dar una formulación simbólica del concepto expuesto sobre permanencia estructural, se trabajará con el siguiente modelo lineal multiecuacional:

$$(1) \quad By_t + \Gamma z_t = \mu_t$$

donde:

$B = (\beta_{g, j})$  es una matriz no singular (regular) de orden  $G \times G$ ;

$\Gamma = (\gamma_{g, k})$  es una matriz de orden  $G \times K$ ;

$y_t$  es el vector de las variables endógenas (de orden  $G$ );

$z_t$  es el vector de las variables predeterminadas (de orden  $K$ );

$\mu_t$  es el vector estocástico (de orden  $G$ ).

El modelo (1) es identificable y el vector estocástico satisface los siguientes supuestos:

i) La esperanza matemática del vector  $\mu_t$  es el vector nulo, es decir:

$$(2) \quad E(\mu_t) = 0 \Rightarrow E(\mu_{gt}) = 0; g = 1, \dots, G, t = 1, \dots, T.$$

ii) Las componentes de vector  $\mu_t$  son mutuamente independientes, o lo que es lo mismo, su matriz de varianza-covarianza  $\Lambda = (\sigma_{gj})$  es una matriz diagonal, es decir:

$$(3) \quad E(\mu_{gt} \mu_{jt}) \begin{cases} = 0, & \text{si } g \neq j; g, j = 1, \dots, G \\ = \sigma_g^2 = \sigma_{gg} = \text{var}(\mu_{gt}), & \text{si } g = j; t = 1, \dots, T. \end{cases}$$

iii) Las componentes del vector  $\mu_t$  no están autocorrelacionadas, es decir:

$$(4) \quad E(\mu_{gt} \mu_{gt + \tau}) = 0, \text{ si } \tau \neq 0; g = 1, \dots,$$

iv) Las componentes del vector estocástico no están correlacionadas con las componentes del vector de variables predeterminadas, es decir:

$$(5) \quad E(\mu_{gt} z_{kt}) = 0; g = 1, \dots, G; k = 1, \dots, K; t = 1, \dots, T.$$

Una vez estimados los parámetros pertenecientes al modelo (1) se tiene la siguiente estructura estocástica [Ref. 4]:

$$(6) \quad \hat{B}y_t + \hat{\Gamma}z_t = \hat{\mu}_t$$

Ella es una estructura integrante del conjunto de estructuras posibles contenidas en el modelo estocástico (1).

El vector  $\hat{\mu}_t$ , que constituye el residuo, es la interpretación empírica del vector estocástico  $\mu_t$ . En efecto, teniendo presente el concepto de predictor *eo-ípedo* [Refs. 15 y 16]<sup>1</sup> resulta:

$$(7) \quad \hat{B}\hat{y}_t + \hat{\Gamma}z_t = 0$$

Restando (7) de (6) se tiene

$$(8) \quad \hat{B}(y_t - \hat{y}_t) = \hat{\mu}_t$$

Luego:

$$(9) \quad y_t - \hat{y}_t = \hat{B}^{-1}\hat{\mu}_t$$

El residuo  $\hat{B}^{-1}\hat{\mu}_t$ , como estimación estadística e interpretación empírica de la diferencia entre el vector observado  $y_t$  y el vector estimado  $\hat{y}_t$ , puede obtenerse directamente a partir de la forma reducida correspondiente a la estructura (6). En efecto:

$$(10) \quad y_t = -\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma}z_t + \hat{B}^{-1}\hat{\mu}_t$$

$$(11) \quad \hat{y}_t = E(y_t / z_t) = -\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma}z_t$$

cuya diferencia reproduce (9).

El concepto de permanencia estructural antes expuesto se aplicará a la estructura estocástica (6) y se distinguirá entre permanencia estructural parcial y total de una ecuación o subconjunto de ecuaciones.

<sup>1</sup>H. Wold [Ref. 13] realiza el cambio terminológico de predictor insesgado por predictor *eo-ípedo*, fundado en la consideración que la noción de esperanza matemática condicional en que se basa, entra como un supuesto y no como una implicación.

Simbolizando con  $J$  el conjunto de  $G$  ecuaciones integrantes de la estructura (6), se tiene:

$$(12) \quad J = \{1, 2, \dots, G\}$$

$$(13) \quad J_T C J; J_T^c = J \setminus J_T = J \cap J_T^c \neq \emptyset$$

Con  $\emptyset$  se simboliza el conjunto vacío y con  $J_T^c$  el complemento de  $J_T$  en  $J$ .

$$(14) \quad J_P C J; J_E C J; J_P \cap J_E = \emptyset; \\ J_P \cap J_E \neq J \Rightarrow J \setminus (J_P \cap J_E) \neq \emptyset.$$

donde  $J_T, J_P$  y  $J_E$  son subconjuntos contenidos en  $J$  y cumplen las condiciones (13) y (14).

Luego:

(15)  $PE[J_P(J_E)] = PE(J_P \mid \text{cambios estructurales en } J_E)$  simboliza el grado de permanencia estructural parcial del subconjunto (subsistema)  $J_P$ , ante cambios estructurales en el subconjunto (subsistema)  $J_E$ .

(16)  $PE[J_T(J_T^c)] = PE(J_T \mid \text{cambios estructurales en } J_T^c)$  simboliza el grado de permanencia estructural total del subconjunto (subsistema) formado por las  $J_T$  ecuaciones de la estructura (6), antes cambios estructurales en cualquiera o en todas las restantes ecuaciones.

Si  $J_P = \{g\}$ , la (15) simboliza el grado de permanencia estructural parcial de la ecuación  $g$ -ésima con respecto al subsistema formado por el conjunto  $J_E$  siendo  $g \notin J_E$ , de acuerdo con (14). El subconjunto  $J_E$  puede ser tal que  $J_E = \{j \mid j \neq g\}$ , es decir que tiene un solo elemento, en este caso la ecuación  $j$ -ésima. Análogamente en (16), si  $J_T = \{g\}$ , se tiene el grado de permanencia estructural total de la ecuación  $g$ -ésima.

#### 4. Medida cuantitativa y explicación. Dualismos, dependencias e interdependencias estructurales

Si se interpretan (15) y (16) en términos de probabilidad, o sea que asumen valores en el intervalo  $[0, 1]$ , se pueden

obtener interesantes conclusiones como explicación del modo de operar de un sistema económico determinado, además de servir con fines de predicción y de decisión. En efecto, si (15) asume valores muy próximos a cero, se puede avanzar la conclusión que la estructura del subsistema explicado por el conjunto de ecuaciones pertenecientes a  $J_P$  depende fuertemente de la estructura del subsistema explicado por el conjunto de ecuaciones pertenecientes a  $J_E$ . Es decir, que la estructura correspondiente a  $J_P$  es altamente sensible o vulnerable ante cambios en la estructura correspondiente a  $J_E$ . Más categóricamente, dicha estructura es función de la correspondiente a  $J_E$ . En cambio, si (15) asume valores muy próximos a uno, se puede formular la conclusión que la estructura correspondiente a  $J_P$  es prácticamente independiente de la estructura correspondiente a  $J_E$ . Un razonamiento análogo se aplica a (16).

Una conclusión de la naturaleza antes indicada es factible y puede ser de aplicación práctica. En efecto, ella podría constituir una medida útil del grado de dependencia e interdependencia estructural, incluyendo la independencia como caso particular y extremo de la dependencia.

Un caso particular de independencia, en una economía nacional, lo constituye el *dualismo estructural* (más genéricamente, *economía dual*), característica típica de las economías subdesarrolladas.<sup>2</sup>

La determinación del grado de dependencia e interdependencia estructural puede ser de fecunda aplicación tanto en el análisis intersectorial de una economía nacional como en el análisis de las relaciones económicas internacionales.

Los modelos de Leontiev pusieron de manifiesto el grado de dependencia intersectorial en el funcionamiento del sistema económico, con una estructura determinada, a la vez que abren las puertas para la introducción del cambio estructural como objetivo de una política económica que los modelos leontievianos ponen de manifiesto. El concepto de perma-

<sup>2</sup> El dualismo estructural, en una economía subdesarrollada, significa la coexistencia de una actividad económica altamente eficiente y desarrollada (moderna) con otra que es ineficiente y atrasada (primitiva), sin que entre ellas exista una significativa actividad económica. Tal sería el caso de un sector minero moderno que produce para la exportación y un sector agrícola atrasado caracterizado por la coexistencia complementada de latifundios y minifundios.

nencia estructural contribuye a la formulación cuantitativa de dicha política mediante la estimación del grado de permanencia de un sector o subconjuntos de sectores, bajo el supuesto de cambios estructurales en otro u otros sectores de la estructura considerada.

En la economía internacional, el grado de permanencia puede arrojar mucha luz sobre la vulnerabilidad y la dependencia de algunas economías nacionales. Una explicación de esta naturaleza tiene su implicancia para la formulación de predicciones y para la toma de decisiones, tanto en una economía nacional, como en los organismos internacionales, como el Banco Mundial, una de cuyas misiones específicas es la de contribuir al desarrollo estable de las economías nacionales.

Un ejemplo ilustrativo de esta afirmación puede ser el siguiente:

a) Un país I es el principal productor y proveedor mundial de un mineral, por ejemplo, estaño. Su economía es subdesarrollada y su producto nacional depende en forma significativa de esta actividad económica;

b) Un país II es altamente desarrollado e industrializado; es el principal importador del mineral producido en I y en su mercado nacional se determina el precio internacional de dicho mineral.

La estructura económica de los dos países se puede simbolizar con la siguiente matriz particionada [Ref. 5], sin que por el momento se especifique la ley matemática de correspondencia entre sus variables:

$$(17) \quad S = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}$$

Con  $A_{11}$  se simboliza la estructura nacional correspondiente al país I ( $A_{22}$  para el país II); con  $A_{12}$  la estructura correspondiente al flujo (exportación) de bienes, servicios, capital, trabajo, etcétera, del país I al país II y con  $A_{21}$  la que va del país II al país I.

Teniendo presente los supuestos a) y b) se deduce que la actividad económica del país I es altamente dependiente (vulnerable) con respecto a cambios estructurales en II, que puedan implicar modificaciones en la cantidad demandada o

en el precio del estaño. Más aún, si el país II resuelve reducir drásticamente las importaciones del país I, reduciendo prácticamente a cero la actividad económica en la estructura  $A_{12}$ , ello afectará el núcleo (*Kernel*) [Ref. 12] de la actividad económica en  $A_{11}$ , con su secuela de desocupación y disminución del producto nacional y la consiguiente generación de cambios en su estructura. Se puede concluir entonces, con vista al cambio esperado en  $A_{11}$ , que la economía interna del país I presenta una muy baja permanencia estructural ante cambios estructurales en el país II que afecte el precio y/o la importación de estaño.<sup>3</sup>

Los cambios estructurales en  $A_{12}$  pueden ser directos (política de importación del país II) o indirectos (generados por cambios estructurales en  $A_{22}$ ).

Para el caso particular que nos ocupa resulta:

$$(18) \quad PE[A_{11}(A_{12})] \rightarrow 0$$

La dirección del cambio estructural en  $A_{12}$  condicionará la dirección del cambio en  $A_{11}$  y también en  $A_{21}$ . Un aumento estable de la demanda internacional puede dar lugar a mejores precios y a una mayor producción en el país I. Una reducción drástica de la demanda internacional producirá efectos contrarios. Por virtud de los supuestos *a*) y *b*), cambios estructurales que afecten significativamente el mercado internacional del estaño, no sólo afectará el *nivel de actividad* del país I, con *mantenimiento de su estructura*, sino que condicionará el *cambio de dicha estructura*.

El grado de permanencia estructural es un instrumento conceptual útil para la localización, delimitación y explicación objetiva de los *dualismos*, *dependencias* e *interdependencias estructurales* y, por lo tanto, de los niveles de *integración* o *desintegración* entre los sectores de actividad económica en una economía nacional o entre dos o más países en la economía internacional. Un alto grado de *dependencia estructural asimétrica* localizaría un núcleo (*Kernel*) con respecto a cambios en el sector o economía dominante.

<sup>3</sup> Algunas de las causas posibles pueden ser: *i*) el descubrimiento y explotación de minas de estaño en el país I; *ii*) un cambio tecnológico que sustituya eficientemente el uso del estaño o, por el contrario, lo acreciente, etcétera.

## 5. Análisis del modelo de mercado de Wold

Los conceptos expuestos en las secciones precedentes se aplicarán, con fines ilustrativos, a una estructura particular. Dado un bien X en un mercado determinado, el conjunto de las unidades de comportamiento, en relación con el bien X, se desagregan en tres sectores: consumidores (C), productores (P) e intermediarios (I). Bajo el supuesto de linealidad y tomando las variables económicas más relevantes, se llega al siguiente modelo de mercado de Wold:

$$(19.1) \quad D_t = \alpha_1 - \beta_1 P_t + \mu_{1t} \quad \alpha_1, \beta_1 > 0$$

$$(19.2) \quad S_t = \alpha_2 + \beta_2 P_{t-1} + \mu_{2t} \quad \beta_2 > 0$$

$$(19.3) \quad P_t = P_{t-1} + \lambda (D_{t-1} - S_t) + \mu_{3t} \quad \lambda > 0$$

Su expresión matricial, luego de reordenar convenientemente sus ecuaciones, es:

$$(20) \quad B y_t + \Gamma_1 z_t = \mu_t$$

Siendo:

$$(21.1) \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \lambda & 1 & 0 \\ 0 & \beta_1 & 1 \end{pmatrix}; y_t = \begin{pmatrix} S_t \\ P_t \\ D_t \end{pmatrix}; \mu_t = \begin{pmatrix} \mu_{2t} \\ \mu_{3t} \\ \mu_{1t} \end{pmatrix}$$

$$(21.2) \quad \Gamma_1 = (\alpha, \Gamma); \alpha = \begin{pmatrix} -\alpha_2 \\ 0 \\ -\alpha_1 \end{pmatrix}; \Gamma = \begin{pmatrix} 0 & -\beta_2 & 0 \\ 0 & -1 & -\lambda \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$(21.3) \quad Z_t = \begin{pmatrix} 1 \\ y_{t-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{t-1} \\ P_{t-1} \\ D_{t-1} \end{pmatrix}$$

Teniendo presente las notaciones introducidas en (21), la (20) se puede expresar en la siguiente forma:

$$(22) \quad B y_t + \alpha + \Gamma y_{t-1} = \mu_t$$

para la cual existe una solución de equilibrio promedio o equilibrio determinista

$$(23) \ y^* = \begin{pmatrix} S^* \\ P^* \\ D^* \end{pmatrix} = \frac{1}{\beta_1 + \beta_2} \begin{pmatrix} \alpha_1 \beta_2 + \alpha_2 \beta_1 \\ \alpha_1 - \alpha_2 \\ \alpha_1 \beta_2 + \alpha_2 \beta_1 \end{pmatrix} \rightarrow S^* = D^* = q^*$$

por virtud de lo especificado en (19). En efecto, en el punto de equilibrio, se tiene para la (22)

$$By^* + \alpha + \Gamma y^* = 0 \rightarrow y^* = (B + \Gamma)^{-1} (-\alpha)$$

que es el resultado consignado en (23).

Una vez estimados los parámetros correspondientes al modelo (20), en base a una realización muestral de tamaño  $T$ , se tiene la siguiente estructura estocástica:

$$(24.1.2.3) \quad \hat{B}y_t + \hat{\alpha} + \hat{\Gamma}y_{t-1} = \hat{\mu}_t$$

Su correspondiente forma reducida es:

$$(25) \quad \begin{aligned} y_t &= -\hat{B}^{-1}\hat{\alpha} - \hat{B}^{-1}\hat{\Gamma}y_{t-1} + \hat{B}^{-1}\hat{\mu}_t \\ &= -\hat{B}^{-1}\hat{\alpha} - \hat{B}^{-1}\hat{\Gamma}y_{t-1} + \hat{v}_t; \hat{v}_t = \hat{B}^{-1}\hat{\mu}_t \end{aligned}$$

Dada la condición inicial  $y_{t_0} \neq y^*$  se deduce la siguiente solución con respecto al periodo  $t_0$ , que da el comportamiento dinámico del vector  $y_t$ :

$$(26) \quad y_t = y^* + (-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma})^{t-t_0}(y_{t_0} - y^*) + \sum_{h=0}^{t-t_0-1} (-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma})^h \hat{v}_{t-h}$$

Una característica especial de la matriz  $(-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma})^{t-t_0}$  la que es de comprobación inmediata, es la siguiente:

$$(27) \quad (-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma})^{t-t_0} = \hat{\delta}^{t-t_0-2} (-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma})^2; t-t_0 \geq 2; \hat{\delta} = 1 - \hat{\lambda}(\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2)$$

Se deduce en consecuencia, a partir de (27), que la condición necesaria (es necesaria y suficiente para la componente determinista) para que la estructura (26) tenga un comportamiento dinámico estable es

$$(28) \quad |\hat{\delta}| = |1 - \hat{\lambda}(\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2)| < 1 \rightarrow 0 < \hat{\lambda} < \frac{2}{\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2}$$

Si  $\hat{\delta}$  satisface la desigualdad (28), entonces

$$(29) \quad (-\hat{B}^{-1} \hat{\Gamma})^{t-t_0} = \hat{\delta}^{t-t_0-2} (-\hat{B}^{-1} \hat{\Gamma})^2 \rightarrow 0$$

en consecuencia, el segundo término de (26) tiende a cero con el crecer de  $t$  y el comportamiento dinámico del vector  $y_t$  resulta explicado por dos términos: *i*) uno determinista y constante, y\* *ii*) otro, el último término en (26), puramente estocástico.

El término puramente estocástico en (26), por virtud de los supuestos (2), (3) y (4) y la condición (28), y teniendo presente la sustitución especificada en (25), tiene esperanza matemática igual a cero y matriz de varianza-covarianza acotada.

Admitida la representatividad de la estructura estocástica (24), como explicativa del comportamiento de los sujetos de la actividad económica como consumidores, productores e intermediarios de un bien  $X$ , en un mercado determinado, puede esperarse de cada una de sus ecuaciones y subconjuntos de ecuaciones un alto grado de permanencia estructural parcial y total. Adoptando las letras  $C$ ,  $P$ ,  $I$  para la especificación de las ecuaciones de comportamiento de los consumidores, productores e intermediarios, respectivamente, en la enumeración de los miembros integrantes del conjunto  $J$  en (12), se tiene:

$$(30) \quad J = \{C, P, I\}$$

Luego:

$$(31) \quad PE[C(P)]$$

simboliza el grado de permanencia estructural parcial en el comportamiento de los consumidores ante cambios estructurales en el comportamiento de los productores.

$$(32) \quad PE[C(P,I)]$$

simboliza el grado de permanencia estructural total en el comportamiento de los consumidores ante cambios que puedan ocurrir en el resto de la estructura (24).

$$(33) \quad PE[P(C)]$$

simboliza el grado de permanencia estructural parcial en el comportamiento de los productores ante cambios estructurales en el comportamiento de los consumidores.

Las restantes seis combinaciones posibles entre los miembros de (30) resultan inmediatas. Debe observarse que (31) y (33) son conceptualmente distintos.

Dos casos extremos merecen considerarse. Con respecto a (31) ellos son:

$$(34) \quad PE[C(P)] = 1$$

$$(35) \quad PE[C(P)] = 0$$

La (34) nos dice que el comportamiento de los consumidores es *independiente* con respecto a los cambios tecnológicos, de comportamiento, institucionales y legales que puedan modificar el comportamiento de los productores. La (35) nos dice que el comportamiento de los consumidores cambiará (es dependiente) si se producen cambios que modifiquen el comportamiento de los productores. Ésta es, en general, la situación de las ecuaciones bajo la forma reducida, con excepción de las estructuras recursivas y, más limitadamente, las estructuras particionables. En efecto, una ecuación bajo la forma reducida contiene, en general, parámetros pertenecientes a todas las ecuaciones de la estructura. Luego, su permanencia estructural tiende a cero si dicha ecuación es función de todos los parámetros de la estructura a que pertenece, pues en tal caso, ella cambiará ante cambios estructurales que modifiquen significativamente una cualquiera de las ecuaciones de la estructura de la cual fue deducida.

Lo expuesto puede ser aplicado a la forma reducida (25). A continuación se escriben en forma explícita sus ecuaciones:

$$\begin{aligned} (36.1) \quad & \left( \begin{array}{c} S_t \\ p_t \\ D_t \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \hat{\alpha}_2 \\ -\hat{\lambda}\hat{\alpha}_2 \\ \alpha_1 + \hat{\lambda}\hat{\alpha}_2\hat{\beta}_1 \end{array} \right) + \\ (36.2) \quad & \left( \begin{array}{c} \hat{\beta}_2 p_{t-1} \\ (1-\hat{\lambda}\hat{\beta}_2)p_{t-1} + \hat{\lambda}D_{t-1} \\ -\hat{\beta}_1(1-\hat{\lambda}\hat{\beta}_2)p_{t-1} - \hat{\beta}_1\hat{\lambda}D_{t-1} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \hat{\mu}_{2t} \\ -\hat{\lambda}\hat{\mu}_{2t} + \hat{\mu}_{3t} \\ \hat{\lambda}\hat{\beta}_1\hat{\mu}_{2t} - \hat{\beta}_1\mu_{3t} + \hat{\mu}_{1t} \end{array} \right) \end{aligned}$$

La ecuación (36.1) no ha modificado su grado de permanencia pues ella es idéntica a su correspondiente ecuación en la estructura (24). La permanencia estructural de (36.2) de-

pende de la permanencia estructural de (24.1) o, lo que es lo mismo (36.1). Todo cambio en el comportamiento de los productores que implique una especificación distinta para (19.2) o una estimación significativamente diferente de sus parámetros  $\alpha_2$  y/o  $\beta_2$  y/o  $\sigma_{22}$  invalidará la utilización práctica de (36.2). En cambio, ella mantiene su validez con respecto a cambios estructurales en (24.3), es decir, con respecto al comportamiento de los consumidores. La ecuación (36.3) no tiene permanencia estructural ni *parcial* ni *total*, pues todo cambio en (24.1) o en (24.2) o en ambos invalidará la ecuación (36.3) por ser ella función de *todos* los parámetros de la estructura estocástica (24).

Se puede observar, simbólicamente, que  $PE[P(I)]$  asume el mismo valor en (24) y en (36), pero:  $PE[I(P)]$  asume un alto valor en (24) y es prácticamente nulo en (36). La interpretación de los restantes casos es inmediata.

Las características especiales que presentan los grados de permanencia estructural, parciales y totales, en cada una de las ecuaciones de la forma reducida (36), se debe a que la estructura estocástica (24) de la cual fue derivada es recursiva. Para una estructura interdependiente, los grados de permanencia estructural (parciales y totales) de cada una de las ecuaciones y subconjuntos de ecuaciones de su correspondiente forma reducida es, en general, prácticamente nulo.

## 6. Un ejemplo numérico

A partir de una realización muestral de tamaño T se ha estimado el vector paramétrico.

$$(37) \quad \hat{\omega} = (\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\lambda}, \hat{\sigma}_{11}, \hat{\sigma}_{22}, \hat{\sigma}_{33}) \epsilon \Omega$$

pertenciente al espacio paramétrico  $\Omega$  [Ref. 4], el que determina una estructura estocástica, la que se simboliza en (24). Esta estructura es un miembro de la familia de estructura (o modelo) especificada en (19).

Si se supone en (37)

$$(38) \quad \hat{\omega} = (8; 1.50; 0.80; 1.60; 0.50; 0.20; 0.07; 0.09) \epsilon \Omega$$

el comportamiento dinámico del vector  $y_t$  dado en (26) es estable, por virtud de (27), al ser  $\hat{\delta} = -0.20$ . En efecto:

$$\begin{aligned}
 (39) \quad y_t &= y^* + (-0.20)^{t-t_0-2} (-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma})^2 (y_{t_0} - y^*) + \sum_{h=0}^{t-t_0-1} (-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma})^h \hat{u}_{t-h} \\
 &= y^* + (-0.20)^{t-t_0-2} (-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma})^2 (y_{t_0} - y^*) + \hat{u}_t - \hat{B}^{-1}\hat{\Gamma}\hat{u}_{t-1} + \\
 &+ (-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma})^2 \sum_{h=2}^{t-t_0-1} (-0.20)^{h-2} \hat{u}_{t-h}
 \end{aligned}$$

cuya parte determinista converge a  $y^*$ . Su valor numérico, de acuerdo con (23) y (38) es

$$(40) \quad y^* = \begin{pmatrix} S^* \\ P^* \\ D^* \end{pmatrix} = \frac{1}{2.40} \begin{pmatrix} 24.80 \\ 6.50 \\ 24.80 \end{pmatrix}$$

Un cambio en el comportamiento de los productores, debido a una mayor sensibilidad de éstos ante variaciones en los precios, como por ejemplo, una mayor elasticidad precio de la producción, puede no modificar el comportamiento de los consumidores y de los intermediarios. En tal caso, las restantes ecuaciones de la estructura (24), es decir (24.2) y (24.3), continúan explicando sus respectivos sectores de actividad. Por el contrario (36.2) y (36.3), al no poseer permanencia estructural con respecto a (24.1), resultarán afectadas por el cambio en (24.1). Con mayor razón, las tres ecuaciones en (39) presentarán un diferente comportamiento dinámico. Si como consecuencia del cambio en la elasticidad precio de la producción, se estima un

$$\hat{\beta}_2 = 3.40$$

el comportamiento dinámico del vector  $y_t$  en (39) pasará a ser divergente o explosivo, al ser ahora

$$\hat{\delta} = -1.10.$$

Luego, un cambio en la estimación de  $\beta_2$  como el ejemplificado ha generado un cambio de excepcional importancia en el comportamiento dinámico del vector  $y_t$ , al pasar de un  $\hat{\delta} = -0.20$  a un  $\hat{\delta} = -1.10$ .

El análisis realizado permite avanzar la conclusión que el

grado de permanencia estructural de las ecuaciones puede también contribuir a explicar las causas generadoras de una inflación. Para ello, el análisis deberá concentrarse en las estructuras macroeconómicas, cuyas variables deberán estar convenientemente desagregadas.

### 7. *Efectos directos o indirectos*

El concepto de permanencia estructural y su medida deben expresarse explícitamente con referencia a los efectos directos e indirectos de un cambio estructural.

Por efectos directos debe entenderse el grado de permanencia estructural de una ecuación o subconjunto de ecuaciones en un plazo corto, como resultado inmediato de un cambio en el comportamiento, en la tecnología o en el orden institucional que puedan invalidar a otra u otras ecuaciones de una misma estructura.

Pero un cambio estructural de este tipo puede generar cambios en una clase de sujetos de la actividad económica no explicada por la estructura considerada, los que a su vez serán causas que invalidarán a una o varias ecuaciones de dicha estructura. Este tipo de proceso causal de cambio lo llamamos efectos indirectos.

Esta distinción entre efectos directos e indirectos no es de aplicación cuando se trabaja con una estructura macroeconómica, cuyas variables se encuentran convenientemente desagregadas en clases de unidades de comportamiento aceptablemente homogéneas y dicha estructura explica el funcionamiento de un sistema económico. Pero, si se trata de la explicación aislada de un subsistema, sector o subsector de la actividad económica, es necesario tener presente los posibles efectos indirectos en el grado de permanencia estructural. Tal puede ser el caso de la estructura (24) que explica la formación de precios, producción y consumo de un bien X en un mercado determinado. En efecto, un cambio en la estructura (24.1), determinado por un cambio en el comportamiento de los productores, debido a la incorporación de una nueva tecnología, una desgravación impositiva, nuevas expectativas consideradas por los productores, etcétera, puede generar una redistribución en la composición del gasto total de los consumidores. Esta redistribución producirá un cambio en la ecuación de demanda (24.3).

Los grados de elasticidad precio e ingreso de la demanda de algunos bienes, en particular el propio bien X, sus bienes complementarios y sustitutivos, determinarán una modificación en la composición del gasto y, en consecuencia, en las elasticidades de la demanda con respecto al precio y al ingreso. Estos cambios en ecuaciones no incluidas en la estructura (24), la que explica un subsistema de actividad, son los que repercutieron en (24) para generar un cambio en la ecuación de demanda. Por este motivo, el grado de permanencia estructural de (24.3) es menos que el que aparentemente ella revela, si se considerara la estructura (24) como una unidad explicativa autónoma.

La cadena de causalidad antes ejemplificada es una característica general en el funcionamiento del sistema económico. Esta característica condiciona la permanencia estructural real de las ecuaciones en un subsistema, debido a la intervención causal de ecuaciones pertenecientes al sistema pero no incluida en el subsistema. Dichas ecuaciones actúan como causas intermedias (o indirectas) en un proceso de cambio.

El grado de permanencia estructural y la magnitud de los efectos indirectos no sólo se encuentran condicionados por la característica de la estructura misma, según que explique un sistema o un subsistema, etcétera, sino que, en general, están condicionados por la circunstancia que la estructura pertenezca a un modelo básico o a uno derivado. Como expresa Haavelmo [Ref. 11]

... resulta obvio que la autonomía (permanencia) de una ecuación es un concepto muy relativo, en el sentido que cualquier hipotético sistema de ecuaciones con respecto a fenómenos reales puede él mismo ser deducido de otro, aún más básico, es decir, un sistema con un grado de autonomía mayor con respecto a cambios estructurales. La construcción de un sistema de ecuaciones autónomas es, en consecuencia, un asunto de intuición y conocimiento real de los hechos.

En síntesis, el grado de permanencia estructural no es una propiedad matemática o el resultado de un proceso de análisis de una estructura dada. No se trata de "mirar" a las ecuaciones, sino que es el resultado de la fecundidad del sistema de hipótesis (generalidad de los postulados), formulado sobre el *comportamiento real* de los sujetos de la actividad

económica y de su grado de dependencia. Luego, es del dominio de la teoría económica su fundamentación y justificación.

### 8. Permanencia estructural e identificación

El grado de permanencia estructural constituye una información que puede contribuir a la identificación de una ecuación que es subidentificable con respecto a la información proveniente de las restricciones *a priori* sobre los parámetros del modelo a que pertenece. Tal es el caso del ya clásico modelo de oferta y demanda bajo el supuesto de *equilibrio móvil*. Es decir

$$\begin{aligned} D_t &= \alpha_1 - \beta_1 p_t + u_{1t} ; \alpha_1, \beta_1 > 0 \\ (41) \quad S_t &= \alpha_2 + \beta_2 p_t + u_{2t} ; \beta_2 > 0 \end{aligned}$$

$$D_t = S_t = \varphi_t$$

Si el comportamiento de los oferentes, durante el periodo T correspondiente a la observación muestral, ha estado sometido a sucesivos cambios estructurales y el comportamiento de los demandantes poseía un alto grado de permanencia estructural, supongamos  $\gamma\%$ , pero se carece de información sobre el comportamiento real de los demandantes en dicho periodo, se puede concluir, con  $\gamma\%$  de probabilidad, que la ecuación estimada es la ecuación de demanda (41.1).

Ésta es una interpretación, en término de grados de permanencia estructural, para el caso particular ilustrado en (41), del clásico problema planteado por E. J. Working en 1927 [Ref. 22].

El concepto de permanencia estructural está implícito en el análisis de E. J. Working. Las distintas alternativas que plantea corresponden, en realidad, a diferentes grados de permanencia de una ecuación ante cambios en la otra. Resulta particularmente ilustrativo el análisis en la hipótesis de *desplazamiento correlacionados* de las funciones de oferta y demanda. En tal caso, la función ajustada no es ni la función de demanda ni la función de oferta. Sin embargo, ella puede servir con fines de predicción. En efecto, puede utilizarse la función obtenida para predecir precios o cantidades, según sea la *elección de la regresión* efectuada [Wold, Refs. 16 y 17].

El concepto de interdependencia estructural es marginalmente tocado en la contribución de Working. En la terminología de permanencia estructural significa que la función de demanda no posee permanencia ante desplazamientos en la función de oferta y recíprocamente. En la Sección 4 del presente estudio se introdujo, conjuntamente con la interdependencia, los conceptos de dualismos y dependencias estructurales como casos particulares de los diferentes grados de permanencia.

## 9. Predicción

Una interpretación probabilística del grado de permanencia estructural permitirá una fecunda utilización práctica de una estructura con fines de predicción y de decisión. En ambos casos servirá como fundamento cuantitativo para la formulación de una política económica.

Predicción (cuantitativa) es un enunciado (cuantitativo) relativo a un suceso desconocido, generalmente futuro. Las predicciones de las que nos ocupamos son cuantitativas, en el sentido que su enunciado se expresa por una cantidad numérica, para el caso de una predicción puntual y, un intervalo, para el caso de una predicción por intervalo. Para  $n \geq 2$ , es un vector (predicción múltiple) para el caso de una predicción puntual en el espacio  $n$ -dimensional y un elipsoide ( $n$ -dimensional) para el caso de una predicción por región.

Una predicción es puntual, cuando la probabilidad  $p$  de presentación del valor o los valores predecidos es menor que su probabilidad contraria; es decir,  $p < \frac{1}{2}$ . Si su probabilidad es mayor o igual de  $\frac{1}{2}$ , la predicción es por región (intervalo, elipse o elipsoide, según se trate de una variable en el espacio de una, dos o más dimensiones).

Las predicciones consideradas son predicciones científicas. Pertenecen a esta categoría las que cumplen con el requisito de su verificabilidad en el tiempo y verificabilidad de la metodología empleada en la formulación de la predicción. Más restrictivamente, toda predicción debe reconocer como fundamento una base teórica y seguir una metodología científica. Para ello debe partir de una evaluación explícita de las condiciones estructurales del fenómeno sometido a estudio y realizar un enunciado explícito sobre la estructura correspondiente al periodo que comprende la predicción.

La cláusula *ceteris paribus* es muy restrictiva, demasiado fuerte, como criterio de predicción científica. Ella corresponde al caso extremo de certeza, es decir, probabilidad uno (certeza teórica)  $O p \geq 1-\varepsilon; \varepsilon > 0$  (certeza práctica) para la medida del grado de mantenimiento de la estructura estimada durante el periodo que cubre la predicción. Resulta entonces necesario formular un enunciado explícito sobre el mantenimiento o cambio de la estructura considerada en el periodo de predicción. En este último caso se requiere asimismo un enunciado sobre el grado de permanencia estructural parcial y total, como medida probabilística del efecto esperado en un subconjunto de ecuaciones, ante cambios, en otras ecuaciones pertenecientes a la misma estructura. Se realiza de esta forma un explícito condicionamiento histórico (temporal) de las predicciones.

Estos requerimientos son aún más necesarios en las investigaciones económicas donde se producen frecuentes cambios estructurales. Ello explica la afirmación de Haavelmo [Ref. 11] cuando sostiene que

...todo investigador en economía probablemente ha tenido la siguiente experiencia: Cuando tratamos de aplicar relaciones establecidas por la teoría económica a series efectivamente observadas para las variables comprendidas, frecuentemente encontramos que las relaciones teóricas son *innecesariamente complicadas*; podemos hacerlo bien con menos variables que las asumidas *a priori*. Pero también sabemos que, cuando tratamos de hacer predicciones con tales relaciones simplificadas para un nuevo conjunto de datos, las relaciones frecuentemente fallan, es decir, allí parece existir un rompimiento en la estructura de los datos. Para el nuevo conjunto de datos podemos también encontrar una relación simple, pero *diferente* de la anterior.

## 10. Mantenimiento estructural y predicción

Las predicciones bajo condiciones de mantenimiento de la estructura son predicciones *ceteris paribus*. En efecto, especificado un modelo dinámico y simbolizando con  $y^*_1, \dots, y^*_T$  una realización muestral durante T periodos, dicha realización muestral se utiliza en la predicción de  $y_{T+1}, \dots, y_{T+n}$ . Sea  $E_1 = (y_1, \dots, y_T)$  un vector variable en el espacio muestral de T dimensiones;  $E_2 = (y_{T+1}, \dots, y_{T+n})$  un vector varia-

ble en el espacio muestral de  $n$  dimensiones;  $E = (y_1, \dots, y_T, \dots, y_{T+1}, \dots, y_{T+n})$  un vector variable en el espacio muestral de  $T+n$  dimensiones;  $\hat{E}_2 = (\hat{y}_{T+1}, \dots, \hat{y}_{T+n})$  un punto determinado en el espacio muestral de  $n$  dimensiones. Las probabilidades de los eventos  $E, E_1, E_2$  son, respectivamente:

$$(42) \quad p(E) = p(y_1, \dots, y_{T+n})$$

$$(43) \quad p_1(E_1) = p_1(y_1, \dots, y_T)$$

$$(44) \quad p_2(E_2 | E_1) = p_2(y_{T+1}, \dots, y_{T+n} | y_1, \dots, y_T).$$

Luego

$$(45) \quad p(E) = p_1(E_1) p_2(E_2 | E_1).$$

El supuesto del mantenimiento en el periodo  $[T+1, T+n]$  de la estructura estimada en el periodo  $[1, T]$ , o sea, la introducción de la cláusula *ceteris paribus* y suponiendo que la realización muestral  $E^* = (y^*_1, \dots, y^*_T)$  posee suficientes grados de libertad para estimar el vector paramétrico  $\omega \in \Omega$  implica que la especificación de  $p_1(E_1)$  es suficiente para tener completamente especificado  $p(E)$  y  $p_2(E_2 | E_1)$ . En efecto, la realización muestral  $E^*$  y la especificación del conjunto de supuestos con respecto al vector estocástico  $u_t$  permiten la estimación del vector paramétrico  $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_N)$ . Es decir,  $\hat{\omega} = \hat{\omega}(y^*_1, \dots, y^*_T)$ . Luego

$$(46) \quad p_1(E_1; \omega) = p_1(y_1, \dots, y_T; \omega_1, \dots, \omega_N)$$

Por virtud de la cláusula *ceteris paribus*, las funciones de probabilidad en (42) y (44) son también funciones del vector  $\omega$ . En consecuencia

$$(47) \quad \hat{E}_2 = \hat{E}_2(y^*_1, \dots, y^*_T; \hat{\omega}_1, \dots, \hat{\omega}_N) = (\hat{E}_2 | E^*_1, \hat{\omega})$$

define una predicción puntual. Dado un nivel de significación y una ley de distribución de las predicciones, se puede estimar una región de confianza (predicción por "intervalo").

Las predicciones *eo ipso*, bajo el supuesto de mantenimiento de la estructura, son proyecciones en el tiempo del vector de las variables endógenas, cuyo valor numérico se estima en función del valor correspondiente al vector de las

variables predeterminadas, para una estructura dada. Este caso puede ilustrarse a partir de la estructura (24) perteneciente al modelo (19) y su forma reducida (25), cuyas ecuaciones se expresan en forma explícita en (36). En efecto, dado el valor numérico de las componentes del vector:

$$(48) \quad Y^1_t = (S_t, P_t, D_t)$$

para el periodo  $T$ , se estima el valor esperado del vector (48) para todo  $t > T$ . En efecto a partir de (25) o (36) se tiene:

$$(49) \quad \hat{y}_{T+1} = E(y_{T+1}/y_T) = -\hat{B}^{-1} \hat{\alpha} - \hat{B}^{-1} \hat{\Gamma} y_T.$$

La predicción (49) alimenta la información necesaria para la predicción de (48) en el periodo  $T + 2$  y, así sucesivamente, siempre bajo el supuesto de mantenimiento de la estructura (24).

El proceso de predicción ilustrado requiere la predicción sucesiva de todos los periodos posteriores al último observado, en nuestro caso, el periodo  $T$ . La utilización de (26), que es la solución del sistema de ecuaciones en diferencias finitas correspondiente a la forma reducida (25), permite la predicción directa del vector  $y_t$  para todo  $t > T$ , sin necesidad de realizar su predicción para los periodos intermedios. En efecto, para cualquier  $h$  natural, resulta:

$$(50) \quad \hat{y}_{T+h} = E(y_{T+h}/y_T) = y^* + (-\hat{B}^{-1} \hat{\Gamma})^{T+h-T} (y_T - y^*)$$

donde  $y^*$  se da en (23).

Si el vector paramétrico (38) es una estimación de los parámetros estructurales en (19), la (50) se obtiene a partir de (39). El valor de  $y^*$  se da en (40).

La estructura (24) es una estructura recursiva que corresponde al modelo (19) introducido y sistematizado por Herman Wold [Refs. 14 y 21]. El proceso recursivo, como así también el proceso de predicción por periodos, se ilustra gráficamente en la figura 1, haciendo uso del esquema de las flechas introducido por Jan Tinbergen [Ref. 14].

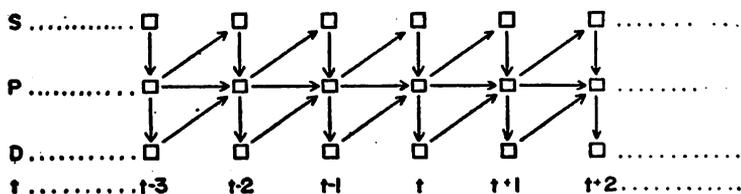


Figura 1. Esquema de las flechas correspondiente al modelo de Wold

## 11. Cambio estructural y predicción

Las predicciones científicas, bajo condiciones de cambio estructural, sólo son admisibles cuando es factible la formulación previa de hipótesis consistentes sobre la dirección, la magnitud cuantitativa del cambio y el periodo de tiempo en el que se produce. Para apreciar la magnitud cuantitativa del cambio esperado, se requiere una estimación de los nuevos parámetros estructurales y un análisis estadístico de la significación de la diferencia con los parámetros previamente estimados.

La dirección del cambio implica un enunciado sobre el impacto esperado de un cambio en un sector, o sectores, de actividad sobre los restantes sectores de una estructura. En este análisis entra plenamente a jugar el concepto de permanencia estructural parcial y total y su medida, como así también la distinción entre estructuras recursivas e interdependientes y, para estas últimas, entre estructura particionables y no particionables.

## 12. Hipótesis de cambios estructurales predecibles

En la hipótesis que en un periodo de tiempo determinado, en algunos sectores de actividad, se producirán cambios estructurales de una magnitud predecible, el proceso de predicción para dicho periodo será factible si se toma en cuenta el cambio esperado y si los restantes sectores poseen un alto grado de permanencia estructural con respecto al cambio esperado.

Si las ecuaciones que explican el comportamiento de los sujetos de la actividad económica en los restantes sectores

no tienen permanencia estructural, el proceso de predicción deberá tener en cuenta el cambio esperado en dichos sectores, como efecto del cambio inicialmente producido.

En base a lo antes expuesto, el vector  $\omega \in \Omega$  es ahora función del tiempo. Luego:

$$(51) \quad \omega(t) = [\omega_1(t), \dots, \omega_N(t)] \in \Omega,$$

Para el caso particular del modelo (19) se tiene el siguiente vector paramétrico.

$$(52) \quad \omega(t) = [\alpha_1(t), \alpha_2(t), \beta_1(t), \beta_2(t), \lambda(t), \sigma_{11}(t), \sigma_{22}(t), \sigma_{33}(t)] \in \Omega.$$

El proceso de predicción se realiza periodo por periodo a partir del último observado. En efecto, si suponemos:

i) La estructura (24) explica el comportamiento de los consumidores, productores e intermediarios del bien X hasta el periodo  $t_1 > T$ ;

ii) A partir del periodo  $t_1$  se opera un proceso de cambio estructural explicado por (52) Este cambio supone, sin pérdida de generalidad, que se ha pasado de la estructura (24) a otra estructura, significativamente diferente, pero que también es un miembro del modelo (19) [Ref. 4];

iii) La forma matemática de los parámetros en función del tiempo en (52) se encuentra especificada y estimados sus correspondientes parámetros. En consecuencia, se tiene:

$$(53) \quad \hat{\omega}(t) \in \Omega.$$

iv) El último periodo para el que se dispone de información estadística de las variables pertenecientes a la estructura (24) es T.

Con estos supuestos, sin duda muy fuertes, la estimación del vector de las variables endógenas (48) resulta inmediata, para todo  $t \geq t_1$ , durante el periodo de cambio predecible. En efecto, luego de reemplazar el vector paramétrico  $\hat{\omega}$  en la estructura (24) por el vector (53), se tiene la nueva estructura:

$$(54) \quad \hat{B}(t)y_t + \hat{\alpha}(t) + \hat{\Gamma}(t)y_{t-1} = \hat{\mu}_t.$$

Para cada  $t$  se tiene una determinada estructura en (54), a partir de la cual se estima el vector (48) en función de los valores observados o, a falta de éstos, sus valores estimados para el periodo  $t-1$ . Es decir:

$$(55) \quad \hat{y}_t = E(y_t/y_{t-1}) = -\hat{B}^{-1}(t) \hat{a}(t) - \hat{B}^{-1}(t) \hat{\Gamma}(t) y_{t-1}.$$

### 13. Hipótesis de cambios estructurales impredecibles

Bajo condiciones de cambio estructural de magnitud impredecible, no es factible la realización de predicciones con la intervención de las ecuaciones afectadas por el cambio. Las restantes ecuaciones son utilizables en la medida que posean un alto grado de permanencia estructural. Si lo poseen, se pueden presentar dos casos:

- a) *estructuras recursivas,*
- b) *estructuras interdependientes.*

13. a. *Estructuras recursivas.* Para el caso de estructuras recursivas, si el cambio se espera que modificará únicamente las últimas  $G-r$  ecuaciones, las  $r$  primeras continuarán manteniendo su validez con fines de predicción. En efecto, siguiendo a Wold [Ref. 13], un modelo recursivo es de la forma:

$$(56) \quad \begin{aligned} y_{gt} &= L_g(y_{1t}, \dots, y_{g-1,t}; Z_t) + \mu_{gt} \\ &= L_g(y_{1t}, \dots, y_{g-1,t}; y_{t-1}, y_{t-2}, \dots; x_t, x_{t-1}, \dots) + \mu_{gt} \\ & \quad g = 1, \dots, G \end{aligned}$$

donde  $L_g$  es un operador lineal;  $z_t$  es el vector de las variables predeterminadas que se particiona para expresar explícitamente el vector de las variables endógenas con rezagos  $y_{t-1}$ ,  $y_{t-2}$ , ... y el vector de las variables exógenas con y sin rezagos  $x_t$ ,  $x_{t-1}$ , ... Cada una de las ecuaciones en (56) es un predictor *eo ipso*, como lo son sus ecuaciones bajo la forma reducida, lo que constituye una propiedad de los modelos recursivos que no es poseída por los modelos estocásticos interdependientes, como lo demuestra Wold [Ref. 15], en los teoremas 4 y 9.

Estimada una estructura perteneciente al modelo (56), si

se esperan cambios estructurales sobre las últimas  $G-r$  ecuaciones de la estructura recursiva, durante el periodo de predicción, luego, bajo el supuesto de permanencia estructural total de las  $r$  primeras ecuaciones, es factible predecir los valores de las  $r$  primeras variables endógenas, o sea, predecir los valores de  $y_{1t}, \dots, y_{rt}$ . Esto es posible por la propiedad que posee la forma primaria (estructural) de la estructura recursiva de ser un predictor *eo ipso*, y por no intervenir en la predicción los parámetros estructurales de las ecuaciones que serán afectadas por el cambio. En efecto:

$$(57) \quad \hat{y}_{gt} = E(y_{gt}/y_{1t}, \dots, y_{g-1,t}; y_{t-1}, y_{t-2}, \dots; X_t, X_{t-1}, \dots) \\ = \hat{L}_g(y_{1t}, \dots, y_{g-1,t}; y_{t-1}, y_{t-2}, \dots; X_t, X_{t-1}, \dots),$$

donde el símbolo  $\hat{L}_g$  significa que el operador lineal  $L_g$  tiene estimados sus correspondientes parámetros. Para  $g > r$  no es factible la predicción debido a que en (57) intervienen algunas de las ecuaciones que, por hipótesis, cambiarán de estructura.

13. b. *Estructuras interdependientes.* En una estructura interdependiente las predicciones se realizan a partir de su forma reducida. Por tal circunstancia no es factible, en general, la predicción a partir de estructuras interdependientes bajo el supuesto de cambio estructural, debido a que las ecuaciones bajo la forma reducida no poseen permanencia estructural, por contener ellas los parámetros de las ecuaciones que serán afectadas por el cambio.

Sin embargo, en determinados casos particulares son factibles predicciones de un subconjunto de variables endógenas. Tales casos particulares corresponden a las llamadas estructuras particionables. En efecto, en una estructura (modelo) interdependiente, la matriz  $\hat{B}$  ( $B$ ) no es triangular. En tal caso, si suponemos:

i) La matriz  $B$ , convenientemente particionada, se transforma en una matriz triangular;

ii) La matriz de varianzas-covarianzas  $\Lambda$  del vector de las variables estocásticas, si no es una matriz diagonal, debe transformarse en una matriz diagonal al ser particionada en la misma forma que la matriz  $B$ ; <sup>4</sup> entonces es aplicable

<sup>4</sup> La matriz  $\Lambda$  particionada o no, nunca puede ser una matriz triangular, por ser una matriz simétrica.

a las particiones de la estructura interdependiente las conclusiones obtenidas para las estructuras recursivas.<sup>5</sup>

*Un ejemplo.* Un ejemplo ilustrará lo antes expuesto. A tal fin trabajamos con el modelo de Girshick y Haavelmo [Ref. 10]. Adaptando la notación y reordenando convenientemente sus ecuaciones, resulta:

$$\begin{aligned}
 & y_{1t} + y_{12} z_{2t} + y_{14} z_{4t} = \mu_{1t} \\
 & \beta_{21} y_{1t} + y_{2t} + \beta_{23} y_{3t} + y_{23} z_{3t} + y_{24} z_{4t} = \mu_{2t} \\
 (58) \quad & \beta_{32} y_{2t} + y_{3t} + \beta_{34} y_{4t} + y_{33} z_{3t} = \mu_{3t} \\
 & y_{4t} + \beta_{45} y_{5t} + y_{41} z_{1t} + y_{43} z_{3t} = \mu_{4t} \\
 & \beta_{52} y_{2t} + y_{5t} + y_{53} z_{3t} = \mu_{5t}.
 \end{aligned}$$

El vector estocástico  $\mu_t$  satisface las condiciones especificadas en (2), (4) y (5), es decir, tiene esperanza matemática igual a cero, sus componentes no están autocorrelacionadas y es independiente del vector de variables predeterminadas. En (3) suponemos ahora, menos restrictivamente,

$$(59) \quad E(\mu_{1t} \mu_{jt}) = 0; \quad j \neq 1.$$

$$(60) \quad E(\mu_{it} \mu_{jt}) = \sigma_{ij}; \quad i, j = 2, 3, 4, 5.$$

Luego resulta, para el modelo (58), con notación matricial:

$$(61) \quad B y_t + \Gamma z_t = \mu_t$$

$$(62) \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} \parallel \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{21} & 1 & \beta_{23} & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{32} & 1 & \beta_{34} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \beta_{45} \\ 0 & \beta_{52} & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

<sup>5</sup> El análisis de las estructuras particionables se realiza, sin pérdida de generalidad, con respecto al vector de variables endógenas y al vector de variables estocásticas. Herber A. Simon [Ref. 13], en su análisis del ordenamiento causal de las ecuaciones, introduce los subconjuntos de ecuaciones autocontenidas de orden 0, 1, ..., k ( $K \geq 0$ ) pertenecientes a una estructura (modelo) determinista. Considera allí el vector de las variables endógenas y el vector de las variables predeterminadas (por ser una estructura o modelo determinista, no trabaja con el vector estocástico). Ello exige aumentar explícitamente la estructura (modelo) con las ecuaciones que expliquen el com-

$$(63) \quad \Lambda = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & 0 \\ \Lambda_{21} & \Lambda_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{22} & \sigma_{23} & \sigma_{24} & \sigma_{25} \\ 0 & \sigma_{23} & \sigma_{33} & \sigma_{34} & \sigma_{35} \\ 0 & \sigma_{24} & \sigma_{34} & \sigma_{44} & \sigma_{45} \\ 0 & \vdots & \sigma_{25} & \sigma_{35} & \sigma_{45} & \sigma_{55} \end{pmatrix}$$

Si en el modelo (58): *a*) particionamos la matriz B en la forma indicada en (62) y, *b*) su matriz en varianzas-covarianzas no es necesariamente diagonal, pero que particionada en igual forma que (62) se convierte en diagonal, con respecto a las particiones como elementos de la matriz, se tiene:

$$(64) \quad \begin{pmatrix} I & O \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_{1t} \\ \eta_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Gamma_{11} & \Gamma_{12} \\ \Gamma_{21} & \Gamma_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_{1t} \\ \xi_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_{1t} \\ \gamma_t \end{pmatrix}$$

donde

$$(65) \quad \eta_t = \begin{pmatrix} y_{2t} \\ y_{3t} \\ y_{4t} \\ y_{5t} \end{pmatrix} ; \quad \xi_t = \begin{pmatrix} z_{2t} \\ z_{3t} \\ z_{4t} \end{pmatrix} ; \quad \gamma_t = \begin{pmatrix} \mu_{2t} \\ \mu_{3t} \\ \mu_{4t} \\ \mu_{5t} \end{pmatrix}$$

y la matriz  $\Gamma$  se ha particionado convenientemente para una presentación consistente de (64).

Teniendo presente (62) y (63), el modelo (64) es recursivo. Luego, suponiendo estimados sus parámetros, si la ecuación

$$(66) \quad y_{1t} + \hat{\Gamma}_{11} z_{1t} + \hat{\Gamma}_{12} \xi_t = \mu_{1t}$$

observa un alto grado de permanencia con respecto a cambios estructurales que puedan modificar las restantes ecuaciones, ella continúa siendo válida con fines de predicción.

#### 14. Permanencia estructural y decisión

El grado de permanencia de las ecuaciones estructurales juega un papel destacado en la formulación de una política

portamiento de las variables predeterminadas. Entre éstas, las variables con rezagos (endógenas y exógenas) en el momento *t*, ya han sido observadas (predecidas, para el caso de predicciones por un periodo mayor que el rezago) y las variables exógenas (sin rezago) deben ser estimadas o predecidas con informaciones, recursos y supuestos auxiliares.

económica. Uno de los primeros problemas a plantearse, una vez estimada la estructura vigente, es un juicio de valor sobre la misma, fundado en una definida filosofía social. Dicho juicio implicará una de las siguientes alternativas.

- i) Mantenimiento de la estructura.
- ii) Cambio estructural.

Su consecuencia será la formulación de una estructura objetivo que defina una representación del porvenir. A fin de alcanzar dicha estructura objetivo se elaborará un modelo de decisión. Si la estructura objetivo coincide con la estructura vigente, el modelo de decisión deberá proponerse el mantenimiento y consolidación de dicha estructura, la que es considerada como deseable. Si la estructura tiene un alto grado de permanencia, el modelo de decisión será, en general, un simple modelo de crecimiento estable, tanto para una economía nacional como regional o para una empresa. Si la estructura contiene sectores o subsistemas con un bajo grado de permanencia, el modelo de decisión deberá contemplar, desde el punto de vista de su estabilidad y eficiencia, la conveniencia de una consolidación o fortalecimiento estructural que conduzca a un más alto grado de permanencia parcial y total.

Si la estructura objetivo difiere de la estructura vigente, el grado de permanencia de las ecuaciones jugará un papel fundamental en la construcción de un modelo de decisión que se proponga realizar el cambio. Cuanto más alto sea el grado de permanencia de un sector o subsistema, mayor será el esfuerzo a realizar sobre las variables controlables que sean agentes del cambio en dicho sector o subsistema. Este mayor esfuerzo no sólo será de índole cuantitativo sino que también comprenderá un mayor tiempo de actuación sobre las variables controlables, con sus correspondientes mayores costos y riesgos económicos, políticos y sociales. Pero si su grado de permanencia es más bien bajo, el modelo de decisión deberá tener presente la dirección del cambio definido por la estructura objetivo y la dirección hacia la cual la estructura tiende a cambiar. Si la estructura tiende a cambiar en la misma dirección que la correspondiente a la estructura objetivo, es decir, que hay coincidencia entre la dirección del

cambio propuesto y la dirección hacia la cual la estructura tiende a cambiar, entonces el modelo de decisión sólo contemplará la necesidad de actuar suavemente sobre muy pocas variables controlables para alcanzar su objetivo. En este caso se puede afirmar que el cambio estructural propuesto es susceptible de alcanzarse a bajo costo.

Si la dirección del cambio propuesto no es coincidente con la dirección hacia la cual la estructura tiende a cambiar, el modelo de decisión deberá contemplar una actuación más intensa sobre un mayor número de variables controlables a fin de alcanzar su objetivo. En este caso particular los costos del cambio son mayores. Resulta indispensable, asimismo, una cuidadosa ponderación de los costos económicos, políticos y sociales del cambio propuesto, lo que incluye una estimación de la resistencia al cambio y sus consecuencias. En efecto, la actuación sobre variables controlables durante la aplicación de un modelo de decisión, implica algún tipo de restricción económica a la libertad en el comportamiento de los sujetos de la actividad económica, la que es siempre resistida por los sectores de opinión cuyos intereses económicos, poder político o posición social resultan afectados.

Las consideraciones realizadas son fundamentales para alcanzar un éxito aceptable en la ejecución de una política económica. Así, por ejemplo, si la industrialización de un país en desarrollo se encuentra bloqueado por un sector agrario tradicional (atrasado), con una baja productividad y caracterizado por una fuerte concentración de la propiedad de la tierra (grandes latifundios), un modelo de decisión que se fije como objetivo la industrialización deberá contemplar, asimismo un cambio de la estructura agraria. Si el poder político representa los intereses de los latifundistas, el sector agrario presentará un alto grado de permanencia, la que bloqueará el éxito de una política de industrialización. Éste es un ejemplo que puede dar nacimiento a un dualismo estructural. En este caso particular, el dualismo es intersectorial y la política de industrialización sólo podrá tener éxito en la medida que no afecte el *status quo* del sector agrario.

### Resumen

El presente trabajo es un análisis del concepto de permanencia estructural y de su utilidad práctica. Se introducen

los conceptos de permanencia estructural parcial y total de un sector (ecuación), grupo de sectores o subsistema (subconjunto de ecuaciones) con respecto al resto de la estructura o una parte de ella. Se analiza su fecundidad en la explicación de los niveles de estabilidad relativa de subestructuras y su aplicación con fines de predicción y de decisión. Se demuestra que este concepto puede contribuir a la explicación de los grados de dependencias y de interdependencias estructurales entre sectores de actividad económica, y entre economías nacionales (economía internacional). Asimismo se introduce el concepto de permanencia estructural como método de análisis de los dualismos estructurales, fenómeno típico a la vez que crítico en los países subdesarrollados.

Se realiza luego una distinción entre los efectos directos e indirectos de un cambio estructural en el resto de la estructura y su significación para la medida de la permanencia estructural. Se expone asimismo su aplicación con fines de identificación, ilustrándose este aspecto con un modelo de oferta y demanda de equilibrio instantáneo sobre el cual E. J. Working [Ref. 22], en 1927, realizó su ya clásica crítica.

Los conceptos antes expuestos se aplican con detalle al modelo de mercado de Wold y a una estructura particular del mismo.

El análisis de la permanencia estructural, con fines de predicción, se realiza en la hipótesis de cambios predecibles e impredecibles. Se distingue entre estructuras recursivas o de cadenas causales y estructuras interdependientes, demostrándose la superioridad de las primeras. A las estructuras recursivas les corresponde, en particular, predictores *eo-ipso*, tanto en su forma primaria (estructural) como en su forma reducida. Ello abre el camino a las estructuras recursivas para su utilización en la predicción de un subconjunto de variables endógenas, bajo la hipótesis de cambios estructurales localizados.

Las estructuras interdependientes no poseen esta propiedad y se demuestra que pueden cumplir más limitadamente estos objetivos en el caso particular que admitan particiones que transforme una clase de subconjuntos de ecuaciones en una estructura recursiva. El análisis se realiza en todo momento con estructuras estocásticas. Una consecuencia importante de

este análisis es la posibilidad de tener predicciones *eo-ipso* parciales sin la imposición de la cláusula *ceteris paribus*.

Análogamente, se realiza el correspondiente análisis de las consecuencias de la introducción del concepto de permanencia estructural con fines de decisión. Se distinguen los casos de mantenimiento y cambio estructural. A tal efecto se discute las relaciones entre estructuras observadas, estructuras objetivos y filosofía para la acción.

Princeton, junio de 1968

CAMILO DAGUM

#### REFERENCIAS

1. Christ, Carl F., *Econometric Models and Methods*, New York, John Wiley, 1966.
2. Dagum, Camilo, *Théories des Modèles et Modèles avec Retards Distribués dans l'Analyse Économique*, *Economie Appliquée (I.S.E.A.)*, t. xviii, núm. 4, París, 1965.
3. ———, "On Methods and Purposes in Econometric Model Building." *Research Memorandum*, núm. 85, Econometric Research Program, Princeton University, 1967.
4. ———, "On Deterministic and Stochastic Structures." *Research Memorandum*, núm. 92, Econometric Research Program, Princeton University, 1967.
5. ———, "Consecuencia de la Introducción del Concepto de la Estructura en la Teoría del Comercio Internacional." *El Trimestre Económico*, vol. xxxv, núm. 138, abril-junio de 1968, México.
6. ———, "El Concepto de Permanencia Estructural." *Revista de Economía*, Madrid, 1968.
7. ———, "Structural Permanence. Its Role in the Analysis of Structural Dualisms and Dependences and for Prediction and Decision Purposes." *Research Memorandum*, núm. 98, Econometric Research Program, Princeton University, 1968.
8. Frisch, Ragnar, *Statistical versus Theoretical Relations in Economic Macro-Dynamics*, Mimeographed memorandum prepared for the Business Cycle Conference at Cambridge, England, July 18-20, 1938, to discuss J. Tinbergen's publication of 1938 for the League of Nations.
9. ———, "Repercussion Studies at Oslo." *The American Economic Review*, vol. xxxviii, núm. 3, 1948.

10. Girshick, M. A. and T. Haavelmo, "Statistical Analysis of the Demand for Food: Examples of Simultaneous Estimation of Structural Equations." *Econometrica*, vol. 15, núm. 2, 1947. Also in W. C. Hood and Tjalling C. Koopmans (eds.), *Studies in Econometric Method*, New York, John Wiley, 1953.
11. Haavelmo, Trygve, "The Probability Approach in Econometrics." *Econometrica*, vol. 12, Supplement, July, 1944.
12. Morgenstern, Oskar, "The Compressibility of Economic Systems and the Problem of Economic Constants." *Zeitschrift für Nationalökonomie*, vol. xxvi, núms. 1-3, 1966.
13. Simons, Herbert A., *Causal Ordering and Identifiability*. Paper in W. C. Hood and T. C. Koopmans (eds.), Refs. 10, 1953.
14. Wold, Herman, "Ends and Means in Econometric Model Building. Basic Considerations Reviewed." Paper in Probability and Statistics. *The Harald Cramer volume*. U. Grenander ed., New York, John Wiley, 1960.
15. ———, *Forecasting by the Chain Principle. Paper in Econometric Model Building: The causal Chain Approach*. H. Wold ed., Amsterdam, North Holland Publishing Co., 1964.
16. ———, *Toward a Verdict on Macroeconomic Simultaneous Equations. Paper in Le Rôle de l'Analyse Économétrique dans la Formulation de Plans de Développement*. P. Salviucci ed., Pontificia Academia Scientiarum, Città del Vaticano, North-Holland and Rand McNally, 1965.
17. ———, *On the Definition and Meaning of Causal Concepts. Paper in La Technique des Modèles dans les Sciences Humaines*. H. Wold ed., Entretiens de Monaco, 1964 Session. Centre International d'Étude des Problèmes Humains, 1966.
18. ———, "Time as the Realm of Forecasting." *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 138, Article 2, 1967.
19. ———, *Nonexperimental Statistical Analysis from the General Point of View of Scientific Method*. Manuscript for the Sydney Session of the International Statistical Institute, 1967.
20. ———, *Ends and Means of Scientific Method (with special regard to the social sciences)*, copia mimeografiada preliminar, 1968.
21. Wold, H. in association with L. Jureen, *Demand Analysis. A Study in Econometrics*, New York, John Wiley, 1953.
22. Working, Elmer J., "What do Statistical "Demand Curves" Show?," *Quarterly of Economics*, vol. 41, núm. 1, 1927. Reprinted in *Readings in Price Theory*. G. J. Stigler and K. E. Boulding (eds), Homewood (Ill.), American Economic Association and Irwin, 1952.

# CIENTÍFICOS vs POLÍTICOS: ENSAYO DE UN MODELO PREDICTIVO

## 1. El problema

LA POSTULACIÓN de una situación conflictiva entre científicos y políticos puede resultar, a primera vista, un tanto sorprendente. Y esta sorpresa inicial se nutriría quizá de las siguientes consideraciones: a) La *institucionalización* de la ciencia en la sociedad moderna es un hecho irreversible;<sup>1</sup> todo intento de negarla, ya sea a nivel axiológico, ya sea a nivel estructural, tendría un impacto efímero y, a largo plazo, insustancial.<sup>2</sup> b) Las sociedades modernas han menester del desarrollo científico, desde que éste es una de las *condiciones* del crecimiento económico y del potencial nacional.<sup>3</sup> c) El político actual está interesado en la *cientifización* de sus orientaciones ideológicas básicas, aun cuando éstas tienen implicaciones disfuncionales para algunas áreas del quehacer científico.<sup>4</sup> El comportamiento mismo del político tendería a ser, enton-

<sup>1</sup> El trazo y la justificación históricas de esta presunta irreversibilidad están ilustrados en los trabajos de J. Bernard. Véase especialmente su *La ciencia en la historia*, ed. UNAM, México, 1959. Una apreciación más cauta encontramos en el prólogo de R. Aron, al libro de M. Weber, *El político y el científico*, Alianza ed., Madrid, 1967.

<sup>2</sup> Vide esp. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Princeton Univ. Press, 1961. Una posición contraria sostiene R. Merton, en *Teoría y estructura sociales*, FCE, 1964, al revelar las fuentes de hostilidad respecto de la ciencia en los regímenes totalitarios.

<sup>3</sup> Esta afirmación tiene ya carácter axiomático, a pesar de que la interrelación no es aún plenamente comprensible, a raíz de dificultades en la medición. Como ilustraciones se pueden mencionar los trabajos presentados a la Conferencia de Washington del 16-20 de octubre de 1961, y resumidos en *Politiques de Croissance économique et D'Investissement dans L'Enseignement*, OCDE-DECO, 2ème. édition, Paris, 1965. Un intento más serio y reciente en este sentido pertenece a Nelson R., *Technology, Economic Growth and Public Policy*, Washington, 1967.

<sup>4</sup> Este intento de "cientifización" fue claro en el caso de la ideología nazi. Véase el interesante trabajo de R. Jungk, *Brighter than a Thousand*

ces, "científico". d) Los científicos, por su lado, han aumentado la sensibilidad y la empatía por el "hecho y el personaje políticos" y, de esta manera, ha crecido la comunicación entre estos dos factores.<sup>5</sup>

Sin embargo, existen hechos y consideraciones que nos mueven a dudar de la validez de las observaciones apuntadas. Diferentes autores<sup>6</sup> han venido señalando condiciones y casos en los que se puede dar —y de hecho, se ha dado— una situación conflictiva entre políticos y hombres de ciencia. Las argumentaciones son más o menos asistemáticas. Oscilan entre la postulación de un "respeto ritual" al hombre de ciencia<sup>7</sup> y la descripción de modalidades de control en diversos regímenes políticos.<sup>8</sup> Esta sistematización se evidencia cuando inquirimos acerca de las fuentes sistémicas<sup>9</sup> del conflicto y, más aún, cuando deseamos investigar las condiciones y probabilidades de su verificación, especialmente en el contexto de las sociedades en desarrollo.

De aquí que nos impusiéramos en este trabajo la tarea de ensayar y proponer un diseño que abarque tres etapas: a) un intento de *explicación del conflicto*; b) un trazo tentativo de sus *condiciones*; c) sus modalidades específicas en los sistemas en desarrollo.

*Suns*, Penguin Books, London, 1964. Es ubicuo también en las versiones leninistas del marxismo. Vide, por ejemplo, Lenin, *Materialismo y empirio-criticismo* (varias ediciones); para un tratamiento más sistemático véase G. A. Wetter, *Dialectical Materialism*, New York, 1962.

<sup>5</sup> Una pauta de esta creciente comunicación estaría dada por el consentimiento de los hombres de ciencia en colaborar en proyectos militares, inspirados en cálculos políticos nacionales. Esperamos demostrar que este consentimiento es un fenómeno sumamente complejo que envuelve dilemas psicológicos, orientativos y administrativos.

<sup>6</sup> Entre ellos sobresalen C. P. Snow, con su famoso *The Two Cultures* (varias ediciones); H. Morgenthau, *Scientific Man vs. Power Politics*, Univ. of Chicago Press, 1957; E. Larrabee, "Science and The Common Reader", en *Commentary*, 1966, vol. 41; y, con especial distinción, D. Price, en *The Scientific Estate*, Harvard Univ. Press, 1965.

<sup>7</sup> Este respeto ritual se da en el vocabulario político; no es indicativo de una acción operacional. Véase en este contexto la excelente exposición de E. Shils, "Scientific Development in the New States", en R. Gruber, *Science and the New Nations*, Basic Books, N. York, 1961.

<sup>8</sup> Por ejemplo, W. Hirsch, *The Autonomy of Sciences in Totalitarian Societies*, Social Forces, núm. 40, 1961. También es ilustrativa la descripción de S. Zuckerman, *Scientists and War*, Harper and Row, N. York, 1967, aplicada al bloque "occidental".

<sup>9</sup> Nos permitimos el uso del adjetivo "sistémico" como equivalente al inglés "systemic", esto es, que pertenece y/o se refiere al sistema, etcétera.

## 2. El método

Con el objeto de emprender esta pesquisa de una manera razonablemente sistemática, seguiremos un método analítico anclado en el estudio de casos. Nos parece que este procedimiento tiene virtudes heurísticas al par que ilustrativas.

La secuencia metodológica y expositiva será la siguiente: a) esbozo de una percepción *estructural* en el estudio de la comunidad científica y de la comunidad política; b) descripción sistemática de los componentes de la “estructura científica” y de la “estructura política”; c) caracterización de las “asimetrías estructurales” y sus implicaciones en la verificabilidad del conflicto; d) diseño y aplicabilidad de algunos “perfiles de asimetría”; e) la potencialidad predictiva del modelo, especialmente en sistemas en desarrollo.

## 3. El modelo

3 a. *La percepción estructural*. En la literatura profesional se han dado diferentes percepciones sobre la ciencia.<sup>10</sup> Para algunos es esencialmente un método;<sup>11</sup> para otros es un complejo de actitudes que afectan una intencionalidad determinada.<sup>12</sup> Algunos se han interesado en las condiciones históricas que hacen florecer el “rol” de científico;<sup>13</sup> y otros, en fin, se han preguntado sobre las influencias —ideológicas y tecnológicas— que la ciencia ejerce sobre el sistema social.<sup>14</sup>

Con el objeto de superar estas parcialidades en la perspectiva del quehacer científico, propondremos una percepción estructural del mismo. El concepto “estructura” ha cobrado especial vigencia dentro de las ciencias sociales; se deriva de las ciencias naturales y biológicas en donde se ha mostrado

<sup>10</sup> Un tratamiento sistemático de estas diferentes percepciones puede encontrarse en nuestros *Ensayos en la sociología de la ciencia*, de próxima publicación en ediciones de la UNAM.

<sup>11</sup> Vide esp. a B. Brigman, *The Evolution of Science*, N. York, 1958.

<sup>12</sup> Tal es la posición de B. F. Skinner, *Science and Human Behavior*, N. York, 1963. A nivel institucional (no psicológico) es también la posición de R. Merton en su descripción del *ethós*, Merton, *op. cit.*

<sup>13</sup> Véase el excelente estudio de J. Ben David, “The Scientific Role: The Conditions of its Establishment in Europe”, en *Minerva*, Autumn 1965, vol. iv, núm. 1.

<sup>14</sup> Por ejemplo, L. Coser, *Men of Ideas*, The Free Press, Ill. 1965; y L. S. Feuer, *The Scientific Intellectual*, Basic Books, N. Y., 1964.

particularmente fértil.<sup>15</sup> De aplicación polivalente, este concepto implica un sentido de heterogeneidad complementaria.<sup>16</sup> En este sentido envuelve las propiedades que se le otorgan al concepto de "sistema".<sup>17</sup> Nosotros distinguiremos entre sistema y estructura según ordenamientos de generalidad, y no según distribución y complementariedad espacio-temporales de propiedades. En otras palabras, supondremos que *dentro* de un sistema se dan estructuras, y que éstas participan de los atributos formales del sistema.

Entre las estructuras posibles<sup>18</sup> nos interesan en este contexto *las estructuras de poder*, es decir, aquellas que ejercen una influencia desigual sobre otra estructura, de manera que el efecto retornante de la acción no es igual en ningún caso.<sup>19</sup> Estas estructuras de poder son configuraciones de relativa estabilidad, en constante competencia (contractual y/o anómica) por una mayor capacidad de acción y decisión, estimulada por el intrínseco valor de escasez que caracteriza al poder.<sup>20</sup>

Dentro de esta particular perspectiva, enmarcaremos a la ciencia y a la política en cuanto estructuras de poder. Y en cuanto tales comportan una configuración específica de elementos interrelacionados (véase diagrama número 1). Esta interrelación se produce *dentro* de cada estructura, y *entre* las estructuras.

Veamos primero la distribución intra-estructural de la estructura científica.

3. b. *Los componentes de la estructura científica.* Sustantivaremos en seguida los *contenidos específicos* de la estructura científica de acuerdo con los requisitos formales que se suponen en toda estructura de poder (diagrama número 1).

a) *Grupo humano.* La actividad científica supone la existencia de una comunidad de actores más o menos numerosa<sup>21</sup>

<sup>15</sup> Véase A. Marchal, *Estructuras y sistemas económicos*, Ed. Ariel, Barcelona, 1964.

<sup>16</sup> Un intento sencillo de formalización del concepto se encuentra en F. Miró Quesada, *Las estructuras sociales*, Lima, 1965.

<sup>17</sup> Véase la reciente exposición de la visión sistémica en Oran R. Young, *Systems of Political Science*, Englewood Cliffs, N. Jersey, 1968.

<sup>18</sup> Para un inventario de estructuras posibles, véase Marchal, *op. cit.*

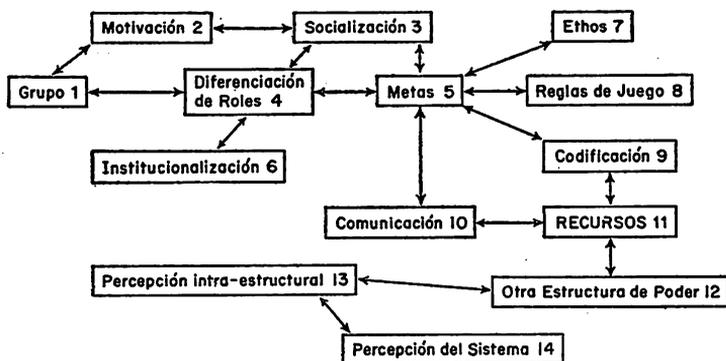
<sup>19</sup> Sobre el particular, vide R. A. Schermerhorn, *El poder y la sociedad*, Paidós, Bs. As. 1963.

<sup>20</sup> He aquí el punto de partida de nuestro ulterior concepto "asimetría estructural".

<sup>21</sup> Ya en los principios de la actividad científica encontramos referencias

DIAGRAMA No. 1

Los Componentes Formales de toda Estructura de Poder



con diferentes grados de integración y comunicación<sup>22</sup> y de influencia creciente en la sociedad contemporánea. Se trata de la comunidad científica.<sup>23</sup>

b) *Alocación de roles*. Las necesidades y orientaciones cognitivas de la sociedad promueven una primera diferenciación de roles dentro de esta estructura.<sup>24</sup> Esta diferenciación fue estimulada ulteriormente por la *aplicabilidad* creciente (tecnología) de esta actividad<sup>25</sup> y por la *legitimidad* intelectual concedida por élites modernizantes.<sup>26</sup>

c) *Institucionalización*. La legitimidad y el uso social de la ciencia promueven una creciente institucionalización de los roles. Ya en el siglo xviii, estos roles se especializan de tal manera que desplazan definitivamente las aspiraciones universalistas-enciclopedistas del humanismo renacentista;<sup>27</sup> la for-

a trabajos colectivos. Véase, por ejemplo, E. Schrödinger, *La naturaleza y los griegos*, Ed Aguilar, Madrid, 1961; y G. De Santillana, *The Origins of Scientific Thought*, A Mentor Book, N. York, 1961.

<sup>22</sup> Sobre las posibilidades de comunicación en la época de Kepler, véase A. Koestler, *The Watershed*, Heineman, London, 1960.

<sup>23</sup> Para una excelente exposición de las notas de la comunidad científica, véase a W. O. Hagstrom, *The Scientific Community*, Basic Books, N. York, 1965.

<sup>24</sup> T. Parsons, "The Institutionalization of Scientific Investigation", en B. Barber- W. Hirsch (eds.), *Sociology of Science*, The Free Press, Ill. 1963.

<sup>25</sup> La relación entre diferenciación y aplicabilidad está bien descrita para el caso de la mecánica en la época de Galileo en el trabajo de E. D. Bubleinikov, *Galileo*, ed. ABC, Montevideo, 1964.

<sup>26</sup> Véase al respecto Feuer, *op. cit.*, quien se refiere a élites científicas en diferentes contextos culturales. Y también J. Ben David, *op. cit.*

<sup>27</sup> Véase Derek De Solla Price, *Science since Babylon*, Yale Univ. Press, 1961.

mación científica deviene la educación ideal a la que un hombre "culto" debe aspirar.<sup>28</sup> En los siglos XIX y XX esta institucionalización se realiza plenamente mediante la fundación de periódicos especializados, sociedades científicas, centros de investigación, y la promoción de encuentros más o menos regulares. Esta secuencia se fue verificando para cada ciencia en particular, si bien con ritmo diverso.

d) *Motivación*. La ciencia implica un conjunto de actitudes que se incorporan al actor por mecanismos psico-sociales. Se han hecho variados intentos por detectar el complejo motivacional peculiar al hombre de ciencias.<sup>29</sup> Algunos autores han apuntado a las motivaciones "ego-integrativas" que implican una aspiración a dominar el contorno y a realizarse en una tarea constructiva;<sup>30</sup> otros se han referido a las tendencias neuróticas de control y dominio, estimuladas por la postergación y desplazamientos de agresividades.<sup>31</sup> Allende el umbral psicológico, se ha insistido en la importancia de las gratificaciones sociales relativas concedidas a la elección del rol científico.<sup>32</sup> De todos modos, parece darse este complejo motivacional específico, si bien por ahora no conocemos sus componentes precisos.<sup>33</sup>

e) *Socialización*. La estructura científica posee diferentes recursos y agencias que buscan la interiorización de sus orientaciones básicas. En los primeros centros científicos de Grecia y Roma<sup>34</sup> y aun en la Edad Media<sup>35</sup> podemos encontrar diversos mecanismos institucionales de socialización, que se

<sup>28</sup> Esta postura fue sostenida agresivamente por Thomas Henry Huxley, en la segunda mitad del siglo pasado. Véase su *Science and Culture*, publicado en Gardner M. (ed.), *Great Essays in Science*, Washington, 1964.

<sup>29</sup> Para una descripción impresionista, véase W. Beveridge, *The Art of Scientific Investigation*, Mercury Books, London, 1961. Más sistemático es el intento de Feuer, *op. cit.*

<sup>30</sup> Esa es la idea de E. Hilgard, *Introduction to Psychology*, Harcourt Brace Inc., N. York, 1962.

<sup>31</sup> Tal es la tesis de L. Kubie, "Some Unsolved Problems of the Scientific Career", en Barber-Hirsch (eds.), *op. cit.*

<sup>32</sup> Una descripción de este tipo de gratificaciones en el sistema soviético hace E. Ashby, *Scientists in Russia*, Pelican Book, London, 1947.

<sup>33</sup> Si no se diera este complejo no podríamos explicar la presencia de una "socialización" y de un *ethos* específicos.

<sup>34</sup> H. Mantoux, *A History of Education in Antiquity*, A Mentor Book, N. York, 1964; véase también L. Edelstein, "Motives and Incentives for Science in Antiquity", en A. C. Crombie (ed.), *Scientific Change*, Heineman, London, 1963.

<sup>35</sup> J. Le Goff, *Los intelectuales en la Edad Media*, Eudeba, Bs. Rs., 1965.

afianzan con el sistema de guildas y con las primeras universidades.<sup>36</sup> En los tiempos modernos son las universidades y los centros de investigación los que tienen a su cargo la propagación de la “cultura científica”, especialmente a nivel del reclutamiento y del entrenamiento.<sup>37</sup>

Esta socialización actúa a varios niveles: motivacional, identificatorio, participativo, hasta culminar con el “aprendizaje organizacional”<sup>38</sup> que incorpora los demás componentes de la estructura científica: las metas, el *ethós*, las reglas de juego, el código de comunicación y hasta la percepción interestructural, como veremos.

f) *Metas*. La estructura científica tiene metas más o menos actualizadas y formalizadas.<sup>39</sup> La primera meta está representada por el estudio sistemático y crítico de acuerdo con el *ethós* y las reglas del juego (“el método científico”); este estudio se maneja con proposiciones que admiten, en principio, verificabilidad.<sup>40</sup>

La segunda meta de la ciencia es la aplicación —en un sentido lato—<sup>41</sup> de los resultados de este estudio sistemático. Esta aplicación afecta diferentes grados de inmediatez,<sup>42</sup> que son función ya sea de los valores específicos de la cultura,<sup>43</sup> ya sea de las aspiraciones de la estructura política y su capacidad para imponerlas.<sup>44</sup>

<sup>36</sup> La socialización científica de Leonardo y Galileo en modo alguno fue casual. Véase J. Bronowsky-Mazlish M., *The Western Intellectual Tradition*, Penguin Books, London, 1960.

<sup>37</sup> Algunas ideas al respecto pueden encontrarse en los diálogos de F. Aigran y G. Charbonnier, *El hombre de ciencia en la sociedad contemporánea*, Siglo XXI, México, 1967.

<sup>38</sup> El término fue acuñado por J. March, en “Some Recent Substantive and Methodological Development in Theory of Organizational Decisions”, en A. Ranney (ed.), *Essays on the Behavioral Study of Politics*, N. York, 1963.

<sup>39</sup> Sobre la actualización diferencial de metas véase L. Wilson, “Disjunctive Processes in Academic Milieu”, en E. A. Tiryakin (ed.), *Sociological Theories, Values and Sociocultural Change*, The Free Press, Ill. 1963.

<sup>40</sup> H. Reichenbach, *The Rise of Scientific Philosophy*, Univ. California Press, 1959.

<sup>41</sup> La aplicabilidad empírica es el juez diferenciador entre originalidad científica y psicótica. Véase D. E. Berlyne, *Structure and Direction in Thinking*, J. Wiley and Sons Inc. N. York, 1965.

<sup>42</sup> Sobre los grados de inmediatez como categoría clasificatoria, ver J. Hodara, *Criterios para una nueva tipología de universidades*, Ed. de la Fundación para el Desarrollo Internacional, Lima, 1966.

<sup>43</sup> Vide B. Barber, *Ciencia y orden social*, Ariel, Barcelona, 1964.

<sup>44</sup> Sobre este tema hay variadas ponencias en la antología de R. Gruber, *op. cit.*



La tercera meta consiste en promover algún tipo de comunicación, sea para difundir las innovaciones, sea para asegurar la continuidad de la estructura mediante un sistema regular de reclutamiento.

Estas son las metas relativamente formalizadas del quehacer científico; pero existen también metas potenciales que pueden actualizarse de acuerdo con el estado de la "asimetría estructural".<sup>45</sup> El desencantamiento de la realidad política puede ser una de estas metas potenciales,<sup>46</sup> por ejemplo.

g) *Ethós*. Merton<sup>47</sup> ha sistematizado la descripción de aquel "complejo de valores y normas efectivamente templados que se consideran obligatorios para el hombre de ciencia". Estas normas, que se articulan en un *ethós*, se expresan en formas variadas: prescripciones, proscripciones, preferencias y autorizaciones. Merton distingue los siguientes componentes normativos: a) *universalismo*, esto es, que la verdad de una proposición está sometida a criterios impersonales preestablecidos, consonantes con las observaciones y los conocimientos previamente confirmados; b) *comunalismo*, esto es, los resultados del quehacer científico son propiedad colectiva de la comunidad; el bloqueo de la información es sancionado;<sup>48</sup> ningún egoísmo personal o lealtad grupal puede justificar el monopolio y/o la deformación de la información científica; c) *desinterés*, esto es, la tendencia en no incurrir en fraudes o en medios ilícitos que, de todos modos, a corto o a largo plazo, serían penados por la comunidad científica. Este desinterés es una nota institucional, y no psicológica, desde que un hombre de ciencia determinado puede estar movido por un intenso egoísmo personal o deseo de gratificación;<sup>49</sup> d) *escepticismo organizado*, esto es, la norma que regla la suspensión de juicios hasta en tanto se acumule el número suficiente de hechos; ninguna creencia es impermeable a la crítica; las diferencias entre lo sagrado y lo profano se

<sup>45</sup> En los dos puntos siguientes haremos referencia a este tema.

<sup>46</sup> Así lo destaca R. Aron, en *op. cit.*

<sup>47</sup> R. Merton, *op. cit.*

<sup>48</sup> Sobre los dilemas del "trabajo en secreto", véase E. Shils, *The Torment of Secrecy*, The Free Press, Ill. 1956; y S. Zuckerman, *op. cit.*

<sup>49</sup> Es muy importante distinguir entre estos dos niveles. Su confusión se puso de manifiesto en la investigación de M. Mead y R. Metraux, "Images of Scientists among High School Students", en Barber-Hirsch (eds.), *op. cit.*

diluyen <sup>50</sup> ante la “mirada” <sup>51</sup> del hombre de ciencia; ningún principio de autoridad derivado de categorías extracientíficas puede mantenerse. En el terreno particular de las ciencias sociales, la “explicitéz de las latencias” constituye uno de los compromisos fundamentales del analista social. <sup>52</sup>

Éstas son las cuatro normas fundamentales del ethós. Más adelante veremos sus potencialidades conflictivas respecto de la estructura política.

h) *Las reglas de juego*. Nos parece que la actividad científica se asemeja a la actividad lúdica en la necesaria articulación de reglas de comportamiento. <sup>53</sup> Estas reglas se refieren al método y a las técnicas que norman el estudio sistemático y riguroso de los fenómenos.

Los metodólogos de la ciencia han diseñado las diversas etapas de este juego. <sup>54</sup> J. Conant establece, por ejemplo, los siguientes pasos: a) reconocimiento de la naturaleza problemática de algún tema y formulación de los objetivos del estudio; b) acumulación de la información pertinente; c) formulación de la o las hipótesis de trabajo; d) la deducción de hechos o principios intermedios partiendo de las hipótesis; e) verificación de la o las hipótesis siguiendo procedimientos de validación adecuados; f) aceptación o rechazo de la o las hipótesis. <sup>55</sup>

i) *Sistema de comunicación*. A pesar del lenguaje esotérico que les es más o menos privativo, los hombres de ciencia tanto en la antigüedad como en los tiempos modernos han tratado de abrir canales de comunicación especializada. Hay testimonios de los contactos entre griegos, babilonios y egipcios; <sup>56</sup> la ciencia griega y romana, articulada en el centro

<sup>50</sup> Aquí hacemos referencia a lo “sagrado” y a lo “profano” solamente en un contexto religioso; veremos que esta dicotomía tiene vigencia también en un contexto político aparentemente secularizado.

<sup>51</sup> Este concepto, extraído del vocabulario sartriano, nos parece muy adecuado en este contexto.

<sup>52</sup> Sobre la “explicitéz de las latencias” véase G. Almond, J. Coleman (eds.), *The Politics of Developing Areas*, Princeton Univ. Press, 1960.

<sup>53</sup> En este sentido, el “hombre científico” sería una de las ramificaciones del *homo ludens* al que hizo referencia Huizinga.

<sup>54</sup> Véase el intento de H. Feigl, en “The Scientific Out-look”, en Feigl-Brodbeck (eds.), *Readings in the Philosophy of Science*, Appleton Century Book, N. York, 1953.

<sup>55</sup> J. Conant, “Concerning the Alleged Scientific Method”, en L. Young, *Exploring the Universe*, N. York, 1961.

<sup>56</sup> B. Farrington, *Greek Science*, Penguin Book, London, 1963.

alejandrino, se difunde por el mediterráneo gracias a la acción de árabes y judíos. Los centros de estudios se pluralizan y los intercambios epistolares entre intelectuales de diferentes nacionalidades se hacen más frecuentes.<sup>57</sup> El tráfico de la información se acrecienta en los dos últimos siglos, llegando en la actualidad a niveles “explosivos”.<sup>58</sup>

Este sistema de comunicación tiene dos funciones: una manifiesta y la otra eventualmente latente. La función manifiesta consiste en mantener abiertos los canales de información con el objeto de favorecer el crecimiento acumulativo del conocimiento y propiciar un clima de cooperativa competencia y mutuo escrutinio. La función latente puede resumirse en un recurso defensivo contra posibles agresiones externas, especialmente las que se originan en la estructura política. El esoterismo en el código de comunicación y el monopolio de los canales de comunicación pueden convertirse en útiles instrumentos para preservar y/o aumentar el poder frente a la estructura política.<sup>59</sup>

j) *Código de comunicación*. La urdimbre de las comunicaciones abiertas por la estructura científica transmite mensajes en un código específico. Entendemos por “código” un sublenguaje que afecta diferentes medidas de complejidad sintáctica<sup>60</sup> y lógica.<sup>61</sup> Cada disciplina científica inicia su proceso de maduración<sup>62</sup> cuando crea su propio paradigma y vocabulario que le permiten una comunicación especializada al par que unívoca. Este código puede resultar más o menos ininteligible para los legos; de la ininteligibilidad relativa puede derivarse una hostilidad más o menos generalizada.<sup>63</sup>

<sup>57</sup> A. Koestler, *op. cit.*

<sup>58</sup> Sobre el crecimiento exponencial de la información se ha referido especialmente Derek De Solla Price, *op. cit.* Este crecimiento configura uno de los argumentos que sostiene la tesis sobre el progreso decreciente de las ciencias, en razón de una posible ausencia de flexibilidad personal e institucional. Véase una interesante discusión de este tema en G. M. Dabrov, “Predicting the Development of Science”, en *Minerva*, Winter 1966, vol. xv, núm. 2.

<sup>59</sup> Vide H. S. Hall, *Scientists and Politicians*, en Barber-Hirsch, *op. cit.*

<sup>60</sup> Sobre los diferentes tipos de sublenguaje, véase a D. Berlo, *The Process of Communication*, N. York, 1966.

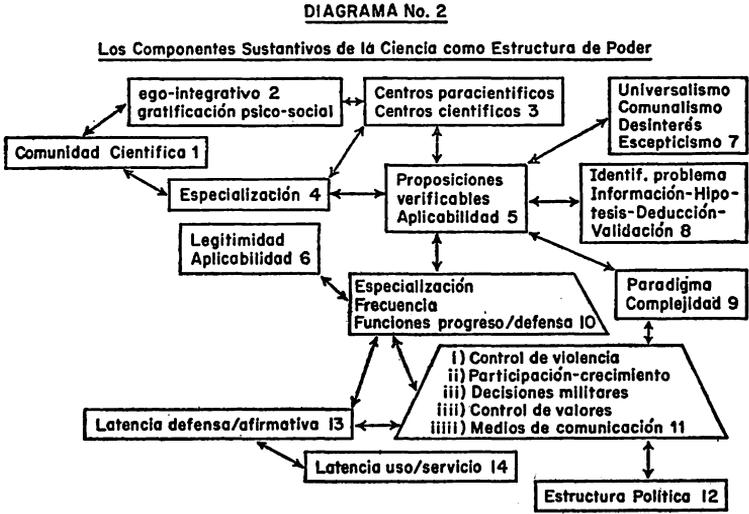
<sup>61</sup> E. Nagel, *The Structure of Science*, Routledge and Kegan Paul, London, 1963.

<sup>62</sup> El primer intento de definir operacionalmente el concepto de “maduración” en este contexto pertenece a T. Kuhn, *op. cit.*

<sup>63</sup> Sobre esto ha insistido Larrabee, *op. cit.*, y Hall, *op. cit.*

De todos modos, a nivel de la estructura política, la existencia de un código peculiar de comunicación representa un reto y un problema de control. Pero al pretender la organización de diferentes sistemas de control, se enfrenta con un dilema que pone dramáticamente de manifiesto la potencialidad alcanzada por la estructura científica: al aumentar el control disminuye la comunicación y, por ende, la productividad relativa de la comunidad científica; al disminuir el control, aumenta la comunicación, y, por ende, la productividad que tiene un efecto retroalimentador sobre la autonomía de la estructura científica.

De esta manera hemos descrito el contenido específico de los componentes formales de la estructura científica. Para mayor claridad los esquematizamos en el diagrama número 2.



Deberíamos ahora proceder del mismo modo con respecto a la “estructura política”. Con el objeto de ahorrar espacio y de favorecer una rápida secuencia en la información, procederemos a sustantivar los componentes de la estructura política en el diagrama número 3.

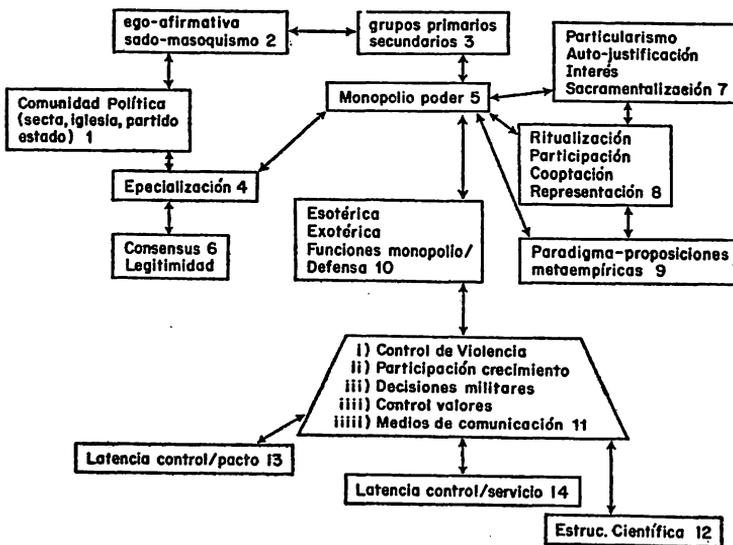
Ahora estamos en condiciones de enfrentarnos al problema de la relación inter-estructural.

3 c. *Fuentes de la asimetría estructural.* La clave de la inter-relación estructural está dada por el control relativo

de los recursos de poder. Siguiendo a Schermerhon,<sup>64</sup> hemos distinguido cinco recursos básicos: *a*) control legítimo de la violencia; *b*) capacidad de dosificar y contribuir al crecimiento económico; *c*) control de las potencialidades y opciones del poder militar; *d*) control y manipulación de los valores; *e*) control de los contenidos susceptibles de aplicarse al tiempo libre o no estructurado de los miembros de un sistema.

DIAGRAMA No. 3

Los Componentes Sustantivos de la Política como Estructura de Poder



Nuestro modelo se apoya en dos supuestos básicos: *a*) que la estructura científica está compitiendo por el control de cada uno de estos recursos con la estructura política; *b*) que para cada contexto sistémico podemos trazar un perfil específico de asimetría dado por el control relativo de estos cinco recursos de poder, perfil que tiene capacidad predictiva

<sup>64</sup> R. Schermerhon, *op. cit.*

respecto de las disciplinas y/o áreas que estarán en conflicto con la estructura científica.

Veamos la validez del primer supuesto.

a) *El control de la violencia*. Éste implica dos problemas: la *eficacia* del control y la *legitimidad* intelectual de la violencia. La eficacia es una función del monopolio del poder, mientras que la legitimidad es una sanción sacramentalizadora concedida por los intelectuales.<sup>65</sup> Ahora bien, en algunos sistemas contemporáneos se ha verificado un rompimiento de este monopolio y una disminución de la sacramentalización. El caso más interesante está representado por los Estados Unidos durante el gobierno de F. D. Roosevelt.<sup>66</sup> Esta época estuvo caracterizada por la creciente participación de los intelectuales en la toma de decisiones y por el ingrato descubrimiento de la incompatibilidad con los "hombres del aparato".<sup>67</sup> El ingreso de los hombres de ciencia en las variadas áreas del esfuerzo militar, durante la II Guerra Mundial y después de ella, incrementó la quiebra del monopolio tradicional sobre el uso de la violencia. Es sintomático el hecho de que a los efectos de asesorar al presidente Truman en el empleo de la bomba atómica se constituye un comité formado por cinco políticos y tres hombres de ciencia. En ese mismo año de 1945 se constituye un grupo de físicos en la Universidad de Chicago con la intención de rebelarse en contra del aparato político militar; el celebrado *Boletín de los Científicos Atómicos hace su aparición*.<sup>68</sup>

La desestalinización en los países de Europa Oriental, la manifestación del problema negro en USA y la rebelión estudiantil en diferentes zonas del mundo han estimulado la integración de grupos intelectuales y científicos que suelen justificar, en diferentes medidas, la contraviolencia.<sup>69</sup>

b) *El aporte al crecimiento económico*. Algunas de las tesis ya clásicas de Saint Simón y de Spencer sobre la importancia

<sup>65</sup> A esta sanción sacramentalizadora se ha referido insistentemente D. Apter, *The Politics of Modernization*, Chicago Univ. Press, 1964.

<sup>66</sup> Vide L. Coser, *op. cit.*, en donde se describe esta experiencia particular de los intelectuales norteamericanos. También son importantes los testimonios de A. Schlesinger Jr., *The Crisis of the Old Order*, Cambridge, 1957.

<sup>67</sup> Véase Merton, *op. cit.*, al referirse a la burocratización de los intelectuales.

<sup>68</sup> Según relato de E. Rouzé, *Oppenheimer*, N. York, 1965.

<sup>69</sup> Aquí estamos aludiendo al importante concepto de "tolerancia repressiva", de Marcuse. Véase especialmente H. Marcuse (ed.), *A Critique of Pure Tolerance*, Beacon Press, Boston, 1965.

y vitalidad de los factores industriales frente a los políticos, podrían parafrasearse hoy en relación a los hombres de ciencia. Se dan una creciente intervención y toma de conciencia por parte de los científicos en las decisiones cardinales del crecimiento económico. El aparato político debe invertir un porcentaje cada vez más alto del producto nacional<sup>70</sup> en la promoción de la investigación científica. Surge la necesidad de programar de acuerdo con prioridades que la comunidad científica misma, en virtud de su control de la información y de su creciente prestigio social, colabora en diferente grado a establecerlo.<sup>71</sup> La estructura científica ya no considera los recursos como un acto de gracia, o de generoso mecenazgo; la expectativa es a veces agresivamente articulada.<sup>72</sup>

c) *El control de las opciones militares.* Jungk<sup>73</sup> es el autor de un fascinante relato sobre las aventuras y desventuras de los físicos atómicos enfrentados, tanto en USA como en Rusia y en Alemania, a las demandas de la estructura política. Existen importantes testimonios de las resistencias que hombres de ciencia pueden oponer a las decisiones del aparato político-militar, ya sea mediante la ausencia de colaboración, ya sea mediante la difusión de información considerada como reservada.<sup>74</sup> Otra forma particular de resistencia —aún no debidamente estudiada— es la promoción de un “sistema doble de contabilidad e informe”; uno externo, destinado al aparato oficialmente de control; y otro interno, que rige las microdecisiones en el centro de investigación.<sup>75</sup> De todas maneras, considerando la enorme complejidad de los procesos de decisión en materia militar, complejidad que importa un constante problema de información y control, concluimos

<sup>70</sup> Véase R. R. Nelson, *op. cit.*; y también a A. C. Harberger, “Investment in Men vs. Investment in Machines: The Case of India”, en C. A. Anderson-M. J. Bouman (eds.), *Education and Economic Development*, Aldine, Chicago, 1965.

<sup>71</sup> Véase esp. a E. C. Young, *An Analysis of Selected Strategies for Organizing Research and Development*, Ill., 1966.

<sup>72</sup> Ciertamente, éste no es aún el caso en los países en desarrollo, en los que la legitimidad del rol del científico es débil.

<sup>73</sup> R. Jungk, *op. cit.*

<sup>74</sup> Este tema ha sido rozado por D. Price, *op. cit.* Para un tratamiento más amplio ver nuestros *Ensayos*, *op. cit.*

<sup>75</sup> Esta doble contabilidad es insinuada por E. Ashby, *op. cit.*, para el caso de los científicos soviéticos, según testimonios de los mismos. En general, puede ser una resultante de la burocratización de la investigación científica.

afirmando la creciente gravitación y responsabilidad de la estructura científica en este tipo de decisiones. Un área más en la que el monopolio tradicional por parte de los políticos tiende a quebrarse. La expectativa tradicional de subordinación cede el lugar a la necesidad del pacto.

d) *El control de los valores*. Esta área es de cardinal importancia, especialmente en el contexto de las sociedades en desarrollo. Las categorías de la *praxis* política se oponen a las categorías del *ethós* científico.<sup>76</sup> En tanto que las primeras apuntan a un enmascaramiento<sup>77</sup> sistemático de la manipulación, ejercida por el relativo control de la información, del ceremonial y de la socialización, las segundas estimulan el “desencantamiento”. La crítica pública y consistente deviene un mandato de la estructura científica; para la estructura política, resultan más importantes la glorificación y la “consistencia operacional” (no lógica). Frente a la tradición anti-tradicionalista, disociativa<sup>78</sup> y “antirresidual”<sup>79</sup> de la estructura científica, emerge la disposición “continuativa”,<sup>80</sup> sacramentalizadora y residual de la estructura política. Incluso en los regímenes<sup>81</sup> e ideologías<sup>82</sup> políticas, que aparentemente se identifican con los valores de la ciencia, podemos detectar

<sup>76</sup> Estas consideraciones se infieren del cotejo de los diagramas 2 y 3. Véase también R. Aron, “La ideología, base esencial de la acción”, en la *Ideología y sus aplicaciones en el siglo xx* (varios autores), Inst. de Estudios Políticos, Madrid, 1962.

<sup>77</sup> Este término se inspira en Mannheim, *Ideología y utopía* (varias ediciones). Un intento más sistemático sobre este punto puede encontrarse en J. Hodara, “Freud y Mannheim”, en *Rev. de Ciencias Políticas*, núm. 52, 1968.

<sup>78</sup> Un importante intento de trazar los componentes de esta tradición pertenece a E. Shils, “The Tradition of Intellectuals”, en G. Huszar (ed.), *The Intellectuals*, The Free Press, Ill. 1960. Véase también la caracterización que de la personalidad de Oppenheimer hace el *News-Week*, en edición de junio 27, 1966.

<sup>79</sup> Este término se inspira, ciertamente, en Pareto.

<sup>80</sup> Este sentido de continuidad puede construirse sobre ejes historicistas, societales y/o cósmicos. Este tema aún no ha merecido el suficiente interés en la sociología del conocimiento. Véase esp. J. Horowitz, “Formalización de la Teoría de la Ideología y de la Utopía”, en J. Horowitz (ed.), *Historia y elementos de la sociología del conocimiento*, Eudeba, Bs. As., 1964; y Joseph Hodara, “Cuatro visiones escatológicas en el Antiguo Testamento”, en *Andina*, año 1, núm. 1, Lima, 1964.

<sup>81</sup> Véase la descripción de A. Vucinich, *The Academy of Sciences of the URSS*, Stanford Univ. Press, 1961.

<sup>82</sup> El trabajo de N. Leites, *A Study of Bolchevism*, The Free Press, Ill., 1953, sigue teniendo relevancia sustantiva y metodológica en este contexto. Véase también el excelente estudio de D. Joravsky, *Soviet Marxism and Natural Sciences*, N. York, 1961.

fuentes y síntomas de conflicto. El conflicto en este particular contexto (de compromiso ritualista con la ciencia) favorece la emergencia de una cultura de "dos verdades".<sup>83</sup>

El resultado de este conflicto potencial (con diferentes grados de actualización) es la quiebra del monopolio en las agencias de socialización y en las alternativas referenciales que pueden darse. La estructura científica moviliza axiológica e institucionalmente su propia "clientela"; entre aquélla y la estructura política se imbrican diferentes estilos de ajuste.

e) *El control del tiempo socialmente no estructurado.* Ésta es la última área de competencia; sus expresiones no han sido aún sistemáticamente estudiadas. Abarca desde la difusión de contenidos para-científicos (que se contrastan con los para-políticos) en los diferentes canales de comunicación de masas<sup>84</sup> hasta la promoción de asociaciones intermediarias con el público adulto y, en especial, con niños y adolescentes, con el objeto de lograr una temprana socialización científica y asegurar fuentes de reclutamiento y continuidad.<sup>85</sup> Como veremos en seguida, éste es uno de los aspectos descuidados y/o ignorados por la estructura científica en los países en desarrollo, en donde el *pacto político* entre el Estado y los centros docentes y de investigación es más claro,<sup>86</sup> al par que más fluido.

3 d. *Perfiles de asimetría estructural: elaboración.* De esta manera hemos expuesto las cinco fuentes de asimetría estructural. Ahora nos consagraremos a nuestro segundo supuesto que postulaba la posibilidad de construir perfiles específicos

<sup>83</sup> "La cultura de las dos verdades" parece emerger en regímenes totales que conceden, sin embargo, "áreas de tolerancia" en la medida en que se respetan las reglas del juego interestructural, dictadas en este caso por la estructura política. Un ejemplo estaría dado por la sociedad medieval, de orientaciones totales, racionalistas en la forma y mágicas en el contenido y que, sin embargo, toleró la continuidad de la tradición científica. Otro ejemplo estaría dado por el crecimiento científico ruso bajo Stalin. Véase el artículo de F. Russo, "Catholicism, Protestantism and the Development of Science in the 16th and 17th Centuries", publicado en G. Mettraux-C. Couzet (eds.), *The Evolution of Science*, N. York, 1963; y L. Labedz, "How Free is Soviet Science?", en *Commentary*, June, 1958.

<sup>84</sup> Una ilustración puede recibirse en R. Calder, "La ciencia ante el profano", *El Correo*, UNESCO, feb. 1965, año XVIII.

<sup>85</sup> Vide W. Schramm, "Efectos de la televisión sobre los niños", en *El Correo*, UNESCO, feb., 1965.

<sup>86</sup> Vale decir, la existencia del pacto es clara; pero la detección y articulación de sus reglas resulta una tarea sumamente compleja al par que fascinante.

de asimetría entre una disciplina (o área y/o fase de una disciplina) y la estructura política, cuando la primera aumenta su círculo de dominación relativa sobre algunos de los recursos de la segunda.

Con el objeto de intentar el diseño y la ilustración de algunos de estos perfiles, es menester diferenciar entre dos niveles en el desarrollo de una disciplina particular: lo llamaremos al primero "*ciencia joven*" y al segundo "*ciencia madura*".

La *ciencia joven* está operacionalmente definida por: a) asistematización de las reglas de juego; b) escasa codificación; c) relativa falta de comunicación.

La *ciencia madura* está operacionalmente definida por: a) sistematización de las reglas de juego; b) codificación compleja; c) comunicación posible e ineludible.

Desde que estos dos niveles son altamente dinámicos, no nos es posible proponer, por el momento, índices unívocos de medición. En este marco y en esta fase de nuestro estudio utilizaremos *testimonios de jueces* en la caracterización del valor relativo de cada uno de los elementos de la definición.

Para cada perfil supondremos un coeficiente de asimetría dado por el control relativo de los cinco recursos de poder descritos más arriba. Diremos "coeficiente positivo" de asimetría cuando una estructura controla más recursos —o relativamente, con mayor intensidad— que otra; y el coeficiente será "negativo" cuando las dos estructuras de poder se equilibran y neutralizan relativamente en el control de los recursos de poder.

Somos conscientes del carácter aproximativo de estos criterios. Estudios ulteriores tal vez puedan refinar estos principios de medición.

Finalmente, debemos definir dos conceptos más, necesarios para el trazo de los perfiles: *regulación funcional* y *regulación disfuncional*.

Llamaremos regulación funcional a la regulación de signo positivo (esto es, mantiene continuidad) que ejerce la estructura política, sobre la estructura científica, mediante un sistema de inter-acciones que parten de y revierten en los cinco recursos de poder.

Llamaremos regulación disfuncional a la regulación de signo negativo (esto es, resiste y/o frena continuidad) que ejerce la estructura política sobre la estructura científica mediante un sistema de interacciones que parte de y revierte en los cinco recursos de poder.

En la construcción de los perfiles trabajamos con *dos hipótesis básicas*: a) La autonomía del crecimiento de la estructura científica —y dentro de ella, el crecimiento de una disciplina o sub-disciplina dadas— está dada por el coeficiente de asimetría estructural.

b) Al verificarse un coeficiente positivo de asimetría —dentro de la perspectiva de la estructura política— la estructura política ejercerá una regulación disfuncional de la ciencia joven y/o de las áreas jóvenes de una ciencia.

*Dos perfiles*: a) La genética y el *Affair Lysenko*.

b) Las ciencias políticas en un país en desarrollo.

a) En este marco nos limitaremos a formalizar cada uno de los componentes del primer perfil que tiene un carácter “predictivo”;<sup>87</sup> en el próximo capítulo nos dedicaremos al segundo perfil.

A los efectos de esta formalización distinguiremos tres áreas: i) el coeficiente de asimetría para el sistema soviético en los años 1928-1948; ii) la genética como ciencia joven; iii) la regulación disfuncional de la genética por parte de la estructura política soviética.

i) La asignación de este coeficiente para el sistema soviético presenta serios problemas metodológicos.<sup>88</sup> Sin embargo, con base en diferentes estudios y documentos se podría proponer la siguiente caracterización:

ii) Formalización e institucionalización del control de la violencia por parte de la estructura política. El empleo de la “purga” como instrumento de control al par que de movilidad.<sup>89</sup> Monopolio de la violencia débilmente neutralizado por la aparición de una élite tecnológica.

<sup>87</sup> Una exposición más detallada y documentada encontrará el lector interesado en nuestros *Ensayos* de próxima publicación. En estos ensayos intentamos también una caracterización de la *mecánica* como ciencia joven en el contexto del conflicto *galileano*, y de la *física nuclear* en el contexto del *Affair Oppenheimer*.

<sup>88</sup> Estos problemas están examinados en la antología de G. Valdemar (ed.), *The Soviet Union*, Notre Dame, Indiana, 1951. Véase también M. Fainsod, “Controls and tensions in the Soviet System”, *American Political Sc. Rev.* June, 1950; y A. Inkeles, *How the Soviet System Work*, Doubleday, N. York, 1960.

<sup>89</sup> La mayoría de los autores ha insistido en los aspectos funcionalmente negativos de las “purgas”. Sin embargo, pensamos que han tenido efectos

- i2) Participación dosificada y controlada de la estructura científica en el crecimiento económico. La estructura política establece las metas,<sup>90</sup> las cuotas de reclutamiento del personal científico y técnico, y los sistemas de gratificación.<sup>91</sup>
- i3) Comprensión clara de la potencialidad política de los hombres de ciencia. Neutralización mediante la inserción al aparato político de los jóvenes científicos. La movilidad profesional obedece a criterios políticos.<sup>92</sup> La intervención excesiva en las opciones militares es neutralizada por un alto grado de irracionalidad.<sup>93</sup>
- i4) Postulación de completa compatibilidad entre ideología y ciencia.<sup>94</sup> Incompatibilidad de facto, manifestada en el ritual de la exégesis de la ideología y en el control de las agencias de socialización.<sup>95</sup> Emergencia de la “cultura de las dos verdaderas” y evasión del control por medio de la elección de la carrera científica.
- i5) La estructura política monopoliza el tiempo no estructurado. Adhesión ceremonial de los hombres de ciencias; verbalización ritualista de las fórmulas políticas.<sup>96</sup>

Esta caracterización, que es manifiestamente aproximativa, nos lleva a establecer un coeficiente de asimetría estructural

positivos imprevistos: aceleramiento de la movilidad en una estructura que, como la científica, la exige de una manera radical, considerando el dinamismo del conocimiento acumulado y el ciclo relativamente corto de la creatividad personal. Este tema amerita más estudio.

<sup>90</sup> Véase esp. L. Schapiro, *The Communist Party of the Soviet Union*, Randam House, N. York, 1960.

<sup>91</sup> Estos sistemas de gratificación, tanto económicos como psicosociales, resultan ser altos en la URSS. Sus consecuencias son el aseguramiento del reclutamiento al par que la inserción en el sistema. Véase esp. Ashby, *op. cit.*; y el artículo de N. De Witt en A. Inkeles-K. Geiger (eds.), *Soviet Society*, the Free Press, 1963.

<sup>92</sup> Vucinich, *op. cit.*, ha investigado la membresía de los científicos rusos al partido comunista, encontrando una correlación negativa entre edad del científico y membresía al partido, esto es, los grupos más jóvenes tienen un porcentaje de afiliación más alto.

<sup>93</sup> Sobre la irracionalidad de las decisiones se ha referido M. Fainsod, *How Russia is ruled*, Harvard Univ. Press, 1965, y toda la literatura soviética a partir del “deshielo”.

<sup>94</sup> Véanse Vucinich, *op. cit.*; y Wetter, *op. cit.*

<sup>95</sup> Véase la excelente exposición de R. De Witt, *Basic Aims of Soviet Educational Policy*, Harvard Univ. Press, 1961.

<sup>96</sup> Sobre estos fenómenos de ritualización, véase el testimonio de Ashby, *op. cit.*; y el artículo de R. Brown, “Recreation and Social Life at Moscow University”, en Inkeles-Geiger, *op. cit.*

altamente positivo para el sistema soviético en los años 1928-1948.

ii) La genética durante este mismo periodo es considerada como una ciencia "joven", de acuerdo con los indicadores expuestos más arriba, y que en seguida sustentamos.

ii1) Los primeros estudios en este campo se dan a fines del siglo xvii;<sup>97</sup> pero curiosamente no es sino hasta 1950 cuando se organizan las "reglas del juego" y las técnicas específicas de esta disciplina.<sup>98</sup> Antes de esta fecha, existían teorías con intensas implicaciones afectivas y políticas que no podían ser resueltas por las reglas del juego.<sup>99</sup>

ii2) El nivel de codificación no pudo ser alcanzado rápidamente por la genética por haber manejado durante un periodo largo un conjunto de términos de polivalente significación. Un término como *aurea seminalis* utilizado por el neolamarkismo tiene connotaciones metafísicas y literarias que lo hacen inútil y perjudicial en la articulación de un código. Lo mismo se aplica a vocablos como "lucha por la existencia", "necesidad", "prepotencia", "casamiento entre flores", "progreso", "finalidad", "fundamento masculino progresista", "fundamento femenino conservador", etcétera.<sup>100</sup> El manejo de estos términos favoreció la incursión de legos en los temas de la genética. Sólo en los últimos veinte años se percibe la articulación de un código específico.

ii3) Los estudiosos de la genética no han tenido una comunicación regular hasta principios de 1940. Es sintomático el hecho de que los trabajos pioneros de Mendel, realiza-

<sup>97</sup> Con los trabajos de Lázaro Spallanzani sobre el origen celular de la generación de las especies. Vide la didáctica exposición C. D. Darlington, *Genetic and Man*, Pelican Book, London, 1966.

<sup>98</sup> Vide Th. Dobshansky, "The Crisis of Soviet Biology", en L. Simmons (ed.), *Russian and Soviet Thought*, Harvard Univ. Press, 1961.

<sup>99</sup> Tales son, por ejemplo, las teorías acerca de la herencia de los rasgos adquiridos. La postulación marxista se encuentra en P. Kammerer, *The Inheritance of Acquired Characteristics*, N. York, 1924. Kammerer tuvo un fin trágico: se suicidó al comprobarse los fraudes que había cometido en la experimentación. Sin embargo, fue elevado a la categoría de "mártir de la ciencia capitalista". Véase M. Vetukhiv, *Genetics in the URSS*, en Simmons (ed.), *op. cit.*

<sup>100</sup> Estos términos son abundantes tanto en Kammerer, *op. cit.*, como en Lysenko, *Heredity and Its Variability*, N. York, 1943.

dos en 1865, no fueron difundidos hasta 1900.<sup>101</sup> Darwin y Weissman no tuvieron noticias de los experimentos mendelianos. También el "affair Kammerer" es ilustrativo: sus trabajos se publicaron en 1904, pero sólo en 1923 fue invitado por la Universidad de Cambridge con el ulterior descubrimiento del fraude. Incluso el ruso Michurin, muerto en 1935, no conocía los estudios de Mendel. Lysenko comenzó a ascender en la jerarquía científica soviética en 1933; en 1939 fue notada su influencia por científicos occidentales; y solamente en 1946 se publicaron sus trabajos en inglés.

Con esta rápida exposición podemos validar la afirmación sobre la genética como ciencia joven.

Pasemos ahora al tercer aspecto: los efectos de la regulación.

iii) Estimamos que esta regulación tuvo caracteres francamente disfuncionales. A principios de los años treinta surge la figura de Lysenko como un postulador de la herencia de las características adquiridas y de esta manera inaugura la sistematización del materialismo dialéctico en la genética.<sup>102</sup> Los genetistas que se oponen a esta perspectiva son rápidamente relevados de sus funciones: Perry, Chetvericoff y Éphoimson son desterrados a Siberia; Levitzky es llevado a un "campo de trabajo" en el polo norte, y Agol desaparece en 1936.<sup>103</sup> Vavilov,<sup>104</sup> principal oponente de Lysenko e introductor de las ideas de Mendel, es desplazado de sus funciones y muere en Siberia en 1941.<sup>105</sup>

Esta agresión a la genética se suspende temporalmente en razón de la guerra; se renueva en agosto de 1946 con un artículo de Zdanov que solicita la renovación de los controles

<sup>101</sup> Véanse los estudios de E. Gasking, "Why was Mendel's work ignored?", en *J. of History of Ideas*, Jan., 1959, y de Darlington, *op. cit.*

<sup>102</sup> Véase Darlington, *op. cit.*; y J. J. Muller, "The Crushing of Genetics in the URSS", en *Bull. of Atom. Sc. Dec.* 1948. La postulación de esta teoría era percibida como indispensable para la promoción generalizada y continua del cambio social y la modelación del "nuevo hombre soviético". Véase en este contexto R. Bauer, *The New Man in the Soviet Psychology*, Harvard Univ. Press, 1960.

<sup>103</sup> Estos datos son extraídos de Muller, *op. cit.* Muller (premio nobel de genética) había servido en el Instituto de Genética de Moscú en el periodo 1933-37. Sus testimonios son valiosos.

<sup>104</sup> "Vavilov ha realizado, sin duda, más por el desarrollo de la genética aplicada que cualquier otro científico en el mundo..." Muller, *op. cit.*

<sup>105</sup> O en 1942. Vavilov fue acusado de ser "esplá británico". Véase D. Joravsky, "The Lysenko Affair", *Social Forces*, Sep., 1959.

sobre la literatura y la comunidad científica.<sup>106</sup> El punto final y culminante está dado por la realización de la sesión de verano (agosto 1948) de la Academia de Ciencias Agrícolas de la URSS. De los 52 discursos pronunciados, 49 apoyaban a Lysenko.<sup>107</sup>

La regulación disfuncional se manifestó de inmediato en dos niveles: institucional y científico. Institucionalmente, los centros de investigación pasaron a ser controlados por Lysenko.<sup>108</sup> Científicamente, se produjo un creciente desprestigio de la “nueva ciencia” al percibirse sus efectos catastróficos, especialmente en la agricultura soviética. Solamente en 1955 se verifica una radical revisión.<sup>109</sup>

3.e. *La potencialidad predictiva del modelo para los sistemas en desarrollo.* Estimamos que este modelo de interrelación estructural entre la comunidad científica y el aparato político puede tener aplicabilidad en la predicción de conflictos, esencialmente en los sistemas en desarrollo.

En seguida estableceremos un esquema formal que contiene algunos datos para establecimiento del coeficiente de asimetría aplicado a las ciencias políticas en cuanto “ciencia joven”. Se trata también de estimar algunos efectos de la regulación disfuncional.

- i1) El control de la violencia es monopolizado por una pluralidad de aparatos políticos y/o para-políticos. La estructura científica no tiene participación en el control de la violencia.<sup>110</sup>
- i2) La participación de los científicos-técnicos en el crecimiento económico es embrionaria; de ella no se deriva una conciencia de poder. Las decisiones económicas no siguen patrones estrictamente racionales (desde el ángulo económico). Respeto ritual por la ciencia y el hombre de ciencias. Desconfianza del valor real del analista social.<sup>111</sup>

<sup>106</sup> Vide L. Shapiro, *op. cit.*

<sup>107</sup> Una buena descripción de los sucesos en esta sesión se puede encontrar en A. Morton, *Soviet Genetics*, London, 1951.

<sup>108</sup> Los autores de los tres discursos restantes (Zembrak, Schmaulsen y Dubinin) fueron desplazados de sus funciones. Un inventario de los efectos negativos puede encontrarse en C. Zirkle, *Evolution, Marxism, and The Social Science*, Philadelphia Univ. Press, 1959.

<sup>109</sup> Véase Darlington, *op. cit.*

<sup>110</sup> Para esta caracterización nos hemos servido especialmente de los trabajos de D. Apter, *The Politics of Modernization*, Chicago Univ. Press, 1964; y de G. Almond, *op. cit.*

<sup>111</sup> Vide E. Shils, *op. cit.*

- i3) Escasa participación de los hombres de ciencia en las opciones militares. Estas son generalmente irracionales, de tipo "adaptivo", derivadas de sistemas externos.
- i4) Politización generalizada del sistema, que se manifiesta en los criterios de movilidad académica y en el universo de discurso académico, especialmente cuando está referido a cuestiones sociales, o con implicaciones en cuestiones sociales. Promoción de cuadros técnicos, por dos razones, entre otras: a) porque su aporte al crecimiento del sistema es percibida como inmediata y clara; b) porque se percibe que no pueden proponer alternativas axiológicas a las oficialmente articuladas.<sup>112</sup> En algunos casos, hay indicios de la emergencia de la "cultura de las dos verdades".
- i5) Control más o menos formal de los medios de comunicación de masas. En algunos casos, organización paraparlítica del tiempo no estructurado.

Esta caracterización —brevemente elaborada en este contexto—<sup>113</sup> arroja un alto coeficiente de asimetría estructural. Con arreglo a nuestra hipótesis, éste debe tener una implicación negativa para las ciencias jóvenes. Tomemos como caso a las "ciencias políticas".<sup>114</sup>

- ii1) Asistematización relativa de las reglas de juego, agravada por un retraso en el conocimiento de las innovaciones producidas en los centros creativos evaluado en 5-20 años, según los casos.<sup>115</sup> Tradición literaria y ensayística que dificulta la promoción de las nuevas reglas de juego en temas socio-políticos.<sup>116</sup>
- ii2) Escasa codificación. Amén de los factores arriba apuntados, influyen la importancia concedida a las clientelas

<sup>112</sup> Esta proposición es válida sólo hasta cierta fase de promoción de los cuadros técnicos. Pero con la profesionalización avanzada de los mismos se pueden convertir en fuentes de nuevas orientaciones. Algunos síntomas de este fenómeno son anotados por R. Vernon, *The Dilemma of Mexico's Development*, Harvard Univ. Press, 1963, al referirse a "los políticos y técnicos".

<sup>113</sup> Una elaboración más detallada será hecha por el autor en un trabajo de próxima publicación.

<sup>114</sup> No es el único caso que se podría tomar. En general, se podría hacer referencia a aquellas disciplinas y/o áreas que tienen temas traducibles en proposiciones filosóficas, políticas, etcétera.

<sup>115</sup> Es difícil establecer criterios generales para la "medida de retraso respecto del centro creativo". En algunos casos, el retraso es más amplio especialmente en temas que tienen proyecciones ideológicas.

<sup>116</sup> A esta tradición se ha referido extensamente G. Germani, en diferentes trabajos sobre las ciencias sociales en América Latina.

no-académicas.<sup>117</sup> Esta importancia se deriva tanto de la débil institucionalización del rol de “analista político” como de la politización generalizada que anotamos en *i4*).

- ii3*) Escasa comunicación. Promoción de “competencias conflictivas” que bloquean comunicación. Tradiciones personalistas; gravitación de las clientelas no-académicas que obligan a apariciones (imágenes) y a lenguajes acientíficos, especialmente en la polémica pública, que deviene estilo dominante en el tratamiento de problemas.

Esta caracterización ilustra la nota “juvenil” de las ciencias políticas en un sistema en desarrollo. ¿Cuáles son los posibles efectos que pueden suponerse?

*iii*) Una regulación disfuncional dada por:

- a) Control político de los centros docentes y de investigación; este control puede ser absoluto o contractual (esto es, según un “pacto” que establece reglas de juego político). Se pone de manifiesto en las designaciones y promociones.
- b) Control de programas y estilos de trabajo académico, con intención de conservar tradiciones disfuncionales (en la perspectiva de la estructura científica) y evitar la “explicitéz de latencias”.
- c) Manipulación de clientelas (estudiantes y personal docente joven) con el objeto de mantener un *ethós* político generalizado que dificulte la promoción del *ethós* científico.

Estimamos que los datos ofrecidos en *i*) *ii*) *iii*) pueden aplicarse en la construcción *simulada* de perfiles de asimetría con intenciones predictivas. Pensamos que por esta vía podría abrirse una nueva perspectiva para el estudio de los aspectos socio-políticos de la ciencia, estudio que tendría la virtud (amén de la virtud heurística) de sugerir *medidas defensivas* para las disciplinas/áreas “juveniles” de la ciencia, especialmente en los sistemas de *politización* total.

JOSEPH HODARA B.

<sup>117</sup> Sobre las clientelas no-académicas que actúan en la comunidad académica y sus efectos en la distorsión del rol científico, véase el ensayo del autor (de próxima publicación) *La universidad no es una iglesia*.

## LOS MODELOS MATEMÁTICOS Y LA PREDICCIÓN EN CIENCIAS SOCIALES

EN ESTA PONENCIA se defiende la siguiente tesis: tanto o más que en las ciencias naturales, la formalización, el lenguaje matemático, son un instrumento imprescindible para la predicción en las ciencias sociales. Con dos provisos:

- a) Si bien es necesario, de ningún modo es suficiente. Ningún lenguaje puede hacer verdadera una teoría empíricamente falsa, pero si es inadecuado puede disimular sus fallas. El lenguaje matemático *pone en evidencia* las fallas de las ideas pero *no las corrige* automáticamente.
- b) Hay más de un lenguaje matemático. El más adaptable a las ciencias sociales no es el de los números reales —tan útil a la física— sino el de las computadoras, que permite dar más énfasis a lo cualitativo.

1. Las CS<sup>1</sup> no contienen predicciones ni lejanamente comparables con las de un eclipse o el espectro de un elemento. Pero hay que aclarar lo de “comparables”. El error de predicción de un eclipse es un número enorme si lo medimos en nanosegundos. El error de predicción del ahorro de una familia es un número pequeñísimo si lo medimos en billones de dólares. Se sobreentiende al comparar, que las unidades de referencia son las que tienen significado e interés práctico en la *vida cotidiana* común. Un error de un solo *angstrom* puede ser intolerable para un físico si de eso depende la validez de su teoría, pero es despreciable para los hombres comunes y los otros científicos. Lo esencial es pues que el marco de referencia es la vida cotidiana (y como ésta cambia históricamente,

<sup>1</sup>En lo sucesivo, CS significa “ciencias sociales” y CN “ciencias naturales”.

los criterios de precisión cambian también; verbigracia, la precisión en la medida del tiempo). Las CS actúan casi siempre en este marco. Las CN tienen otros marcos propios igualmente importantes para ellas.

Lo que se quiere decir entonces, al comparar desfavorablemente a las CS con las CN, es que los errores de predicción en las CS no sólo no son despreciables, sino que son importantísimos para todos los hombres. A nadie le es indiferente un error en predecir si se usarán o no las armas nucleares.

Aceptado este marco de referencia, es verdad que en cuanto a predicciones, algunas ramas de las CS no han podido derrotar siquiera a la astrología. Recordemos sin embargo, como consuelo, que cuando los físicos pasan de sistemas alejados como los astros y los átomos, a problemas pedestres como la próxima lluvia, la trayectoria de un paracaídas o la forma del cauce de un río, sus predicciones tampoco son muy famosas. Mucha gente ha perdido la vida por terremotos no predichos.

Es decir: cuando los criterios de precisión del marco de referencia cotidiano se aplican a problemas directamente significativos en ese mismo marco, las predicciones de las CN empeoran mucho, y aunque siempre mejores que las de las CS, ya no parecen tan inalcanzables.

2. Se le acepta como esencial al método científico que la capacidad de predecir correctamente es el criterio final para evaluar las teorías o explicaciones de los fenómenos. Esta relación puede extenderse hacia ambos lados, añadiendo otras dos actividades científicas —la descripción y la decisión— que pueden contribuir a aclarar este problema.

Consideremos pues la cadena: descripción-explicación-predicción-decisión.

Su último eslabón —la decisión— es mal visto por la ciencia académica o “pura”, pero es esencial para los que creemos en la ciencia para el hombre, pues la acción, el cambio, implican decidir, elegir.

La idea es que cada eslabón es necesario para trabajar con el siguiente y, por lo tanto, cada eslabón da un criterio de eficiencia para el anterior.

No se puede elegir entre dos alternativas si no se sabe predecir cuáles serán los efectos alternativos de esa elección. Hacia atrás, lo mismo ocurre con el clásico problema del “condicio-

nal *a posteriori*": ¿Cómo habría cambiado la historia si en vez de A se hubiera hecho B en cierto momento?

A su vez, sin explicación, o sea sin teoría, no se puede predecir. Pero obsérvese que para predecir no hacen falta teorías generales, sino las leyes específicas del sistema en análisis. La teoría general es una comodidad maravillosa y una satisfacción intelectual, pero no es necesaria para la predicción (ni es suficiente, como en los ejemplos citados).

La descripción es por supuesto el paso previo que define lo que se quiere explicar (pero esta función no siempre es aceptada por los taxonomistas y diagnosticadores).

Explicación y predicción son muchísimas veces fines en sí mismos. La diferencia entre ciencia "pura" y "aplicada" está casi siempre en explicitar el último eslabón de la cadena en relación al marco de referencia cotidiano. Es notable que la ciencia "moderna" ya no tolera a la descripción como un fin en sí mismo, pero no siente la necesidad de agregar la decisión. Es probable que las CS cambien esto.

Incluir las decisiones da un criterio inmediato para evaluar la calidad de las predicciones. Si el problema es elegir entre alternativas ya planteadas —como es el caso usual en planificación económica y social—, una predicción es buena si permite evaluar los costos y beneficios de cada alternativa con precisión tolerable dentro del marco de referencia (costos y beneficios se entienden en toda generalidad, sin limitarse a magnitudes escalares ni puramente económicas). No es pues necesario predecir todo sino sólo lo imprescindible para elegir, y con la precisión mínima que alcance para ello.

Este criterio es sin duda limitado y pragmático; parece depender mucho de cómo se dan *a priori* las alternativas. Son defectos serios, pero como vivimos en un contexto histórico que muestra problemas sociales de decisión, capaces de liquidar físicamente todo tipo de actividad científica, tal vez no esté mal durante un tiempo poner énfasis especial en este aspecto. Es un típico problema de decisión.

Por otra parte las alternativas que el mundo real nos presenta dan origen a numerosos problemas aparentemente "puros", es decir, cuya conexión con las decisiones no es evidente a primera vista.

Como ejemplos de esto podemos citar como hechos en Cendes dos intentos extremistas en este sentido: un modelo

adaptado al máximo a los procesos de decisión en planificación (Bianciotto, etcétera, 1968, ver bibliografía), y otro que formaliza las relaciones sociales de un país inexistente (Domingo-Varsavsky, 1965, Silva Michelena, 1966).

3. Como los éxitos predictivos de la física fueron posibles gracias al empleo abundante de instrumentos matemáticos (aplicados a teorías correctas), es natural que las CS hayan tratado de matematizarse de la misma manera, y es notable observar los esfuerzos de sofisticación que se han hecho, sin que hasta ahora los resultados hayan sido satisfactorios. Por eso muchos científicos sociales desdeñan el uso de modelos matemáticos, como instrumentos demasiado sofisticados para el estado actual de estas ciencias, dada la falta de precisión de las mediciones y la poca confiabilidad de las relaciones causales.

Ocurre que en la física, la matemática desempeña un doble papel, que debe analizarse para evitar confusiones al tratar de aplicarla a las CS.

En primer lugar, la matemática es el lenguaje de los sistemas deductivos. Piénsese en las dificultades de hacer una sinfonía sin la notación musical, o de hacer geografía sin mapas, y se tendrá una palidísima idea de lo que es hacer deducciones sin un modelo matemático (MM en lo sucesivo). Sólo algunas conclusiones triviales de unas pocas premisas—con un *ceteris paribus* fenomenal que quita todo interés al esfuerzo— pueden conseguirse en el lenguaje ordinario.

Matematizar, en el sentido de formalizar las hipótesis y disponer de un mecanismo seguro para extraer sus conclusiones (lo que incluso puede hacerse a computadora), es un paso imprescindible por lo menos para asegurarse que no existen lagunas ni contradicciones en el razonamiento.

Una teoría formalizada o MM es consistente, libre de sofismas, explícita. Puede analizarse rigurosamente y con gran ahorro de tiempo. Puede extraerse muchas más de sus implicaciones y rastrear sin mucha dificultad las hipótesis culpables de aquellas que resulten falsas. Tal vez convendría a esto más el nombre de modelo lógico que matemático, pero cualquiera sea su nombre, sus ventajas parecen indiscutibles.

¿Y su costo? Hay quienes dicen que hay modelos “sin equivalente matemático” o sea costo infinito. En nuestra opinión, por el contrario, todo razonamiento puede formalizarse, tal

a costo muy alto, pero nunca infinito. Lo que está claramente definido se formaliza con variables específicas y funciones ciertas. Lo que está oscuro (o es "intuitivo") se representa por funciones aleatorias, sometidas a las mismas restricciones que se conozcan para el caso.

El costo alto puede provenir de que al hacer explícitas las ideas para formalizarlas uno empieza a traer a colación gran cantidad de factores de indudable relevancia (pero que al utilizar el lenguaje ordinario no se toman en cuenta) y el modelo se complica rápidamente. Pero no hay imposibilidad: las partes del razonamiento que uno es capaz de reconstruir racionalmente son por eso mismo formalizables, y las que uno no es capaz de reconstruir son indistinguibles de un proceso aleatorio. Combinando estos dos extremos puede aspirarse en principio a formalizar todo razonamiento, sea funcionalista, estructuralista, positivista o dialéctico. Aunque no hay lenguajes ideológicamente neutros, la matemática lo es por lo menos en el mismo grado que el lenguaje cotidiano. En la práctica, estimamos que el costo de una formalización adecuada es inferior al de la búsqueda de la información pertinente.

En su segundo papel, la matemática aparece como ciencia cuyo campo "empírico" son los números y la geometría, y que por eso contiene "sublenguajes" especializados para manipular los procesos cuantitativos, de medición.

Este aspecto de la matemática se ha desarrollado enormemente a instancias de la física, pero no la agota. Hay mucha matemática, existente y posible, que no usa los números reales ni los racionales. Hasta las computadoras, identificadas originalmente con el "cálculo numérico", tienen sus "lenguajes no numéricos".

Un MM no tiene por qué ser cuantitativo. Así la lógica matemática usa álgebras sin contenido numérico pero que llevan a descubrimientos cruciales, como los teoremas de Gödel, de alto rigor pero sin ninguna precisión puesto que nada se mide en el sentido usual.

Puede ponerse legítimamente en duda que las CS requieran esencialmente de este segundo aspecto de la matemática (ver Varsavsky, 1967), así como de todas las teorías a que ha llevado el estudio de los números reales (ecuaciones diferenciales, topología). Eso depende del papel que empíricamente desempeñe en ellas la medición cuantitativa. Es muy

posible que valga la pena ensayar un punto de vista totalmente cualitativo: las variables tomarían un número finito de valores: mucho, poco, nada, comunismo, liberalismo, fascismo, etcétera; no habría operaciones aritméticas ni regresiones. Todo esto no eliminaría el primer papel de la matemática —claridad y rigor lógico— aunque sí el segundo —cuantificación, precisión numérica.

Pero por supuesto no hay por qué descartar *a priori* los aspectos cuantitativos. Basta con usarlos sólo cuando uno lo crea conveniente, y no forzosamente por imitar a la física.

4. Las CS han ensayado ya el lenguaje literario y el estadístico, con muchos resultados positivos aislados, pero que ya no parece probable que conduzcan a métodos confiables de decisión y predicción, ni que expliquen fenómenos de la complejidad de la vida cotidiana más que parcialmente, y ni siquiera que den criterios sistemáticos útiles de descripción. Parece llegada la etapa en que la formalización, los MM, deben demostrar si son capaces de superar este estancamiento.

Para plantear este programa algo más formalmente, comencemos por un poco de nomenclatura “sistemista”.

Todo objeto de estudio individualizable a lo largo del tiempo y cuya evolución histórica nos interesa, es un “sistema dinámico”, en el sentido de los ingenieros: un átomo, una máquina, un animal, un grupo social, un país, el universo.

El tiempo tiene pues un papel fundamental; todas las características del sistema pueden cambiar: son funciones del tiempo. Pero no se lo considerará una variable continua sino discreta, pues en las CS siempre puede encontrarse un intervalo mínimo por debajo del cual no hay cambio que interese, ni práctica ni teóricamente (¿qué fenómeno social necesita analizarse en milésimos de segundo?). Aun los sistemas físicos de alguna complicación, en última instancia, se analizan numéricamente, lo que implica usar tiempo discreto. El fracaso del cálculo infinitesimal en las CS no es una casualidad; es que el concepto mismo de infinitésimo es artificial en ellas.

Cada característica será pues una serie temporal que indica su valor (cuanti o cualitativo) en cada intervalo. La elección de ese intervalo es una decisión importante que debe justificarse en cada caso y cuyos efectos sobre los resultados deben medirse.

No es indispensable, por otra parte, que los intervalos tengan la misma duración durante la evolución de un sistema. Cuando los cambios son lentos pueden usarse intervalos más largos.

El comportamiento de un sistema se describe a lo largo del tiempo mediante un conjunto de características, atributos, síntomas o índices: series temporales que llamaremos “variables de estado”, porque sus valores en un tiempo dado constituyen por definición el *estado del sistema* en ese momento.

Las variables de estado se eligen por consideraciones basadas en los objetivos del estudio, y en criterios de importancia deducidos de la imagen teórica que se tiene del sistema.

Deben ser todas *observables* empíricamente o *calculables* a partir de otras, aunque no es necesario que sean medibles cuantitativamente. Los posibles valores de una variable de estado forman un conjunto llamado su *rango*, que puede tener todas las estructuras de los números reales (suma, producto, orden, distancia, etcétera), sólo algunas (frecuentemente el orden) o absolutamente ninguna (clases de una clasificación cualitativa, atributos que simplemente existen o no, etcétera).

Así un sistema económico se describe en general con variables cuantificables: producciones, precios, ingresos, impuestos, activos, préstamos, etcétera. Pero las variables de estado que describen una empresa son diferentes para el inspector de impuestos que para el sindicato que agrupa a sus obreros.

Cuando se estudia un sistema social en un instante dado por medio de un censo o encuesta, las variables de estado son las preguntas del cuestionario, y sus rangos las respuestas posibles (o sus promedios). La misma encuesta repetida trimestralmente daría una serie temporal trimestral para cada variable.

Cuando un sistema es “aislado”, se supone que su estado en un instante dado determina sus estados futuros. Esto es en esencia la causalidad.

En rigor habría que incluir explícitamente la historia del sistema: sus estados anteriores. Pero por medio de un sencillo artificio que consiste en decir que los valores anteriores de las variables cuya historia puede influir, también se agregan como nuevas variables de estado, es suficiente hablar del estado en un cierto instante-intervalo.

Como la causalidad no puede fallar, pues es la base de la ciencia, cuando parece fallar se busca la explicación por dos caminos principales.

El estado del sistema no estaba bien definido: hay otras variables —variables “ocultas” del sistema— que influyen y no habían sido tomadas en cuenta. Dos sistemas que difieren sólo en los valores de sus variables ocultas parecen estar en el mismo estado, pero evolucionan de manera diferente. Mientras no se individualizan estas variables ocultas, es costumbre reemplazarlas por un factor aleatorio, que sucesivas investigaciones van reduciendo de importancia.

El sistema no estaba realmente aislado: factores externos influyeron para que las predicciones fallaran. Éste es el caso que más nos interesa.

Ningún sistema está completamente aislado, o sería inobservable. La noción de que podemos observar un sistema sin influir sobre él ha sido rechazada por la física, y en CS es un lugar común su falsedad. Pero frente a otras influencias externas, ésta es despreciable en primera aproximación. Nos interesa más reconocer que todo sistema de las CS está en íntima interacción con un medio ambiente, haya o no observador, y que no puede predecirse casi nada si no es sobre ambos simultáneamente.

Las CN no desconocen esta situación. Es imposible en la práctica predecir la trayectoria precisa de una molécula de un gas, pues la perturban tantos choques con otras que los cálculos no pueden hacerse por buena que sea la teoría: el sistema (en este caso la molécula) no está aislado, y no se tienen datos sobre todos los factores externos que influyen sobre él.

En lugar de desesperarse por esa imposibilidad práctica, los físicos se resignaron con un “total ese cálculo no nos interesa” e inventaron en cambio la termodinámica y la mecánica estadística para tratar esas situaciones. Tal vez esa resignación sería más difícil si el tamaño de los físicos fuera similar al de las moléculas y pudieran entonces interesarse por alguna de ellas en particular. Ésta es la desventaja de los científicos sociales: aun admitiendo por analogía que la “trayectoria” de un hombre o un grupo social puede ser impredecible, sería difícil autoconvencerse de que eso no es interesante. De nuevo vemos la influencia del marco de referencia cotidiano.

Cuando el sistema no es aislado, las influencias del resto del mundo se describen también por variables —series temporales cada una de ellas— que constituyen la “entrada” del sistema. La “salida” está formada por las variables de estado observadas.

Ahora el estado de un sistema en cierto instante queda determinado por su estado anterior y la entrada hasta ese instante. (Los valores posteriores de la entrada no influyen: incluso los sistemas teleológicos sólo usan una *estimación* de la entrada futura, basada en sus valores anteriores.) Para predecir, es pues necesario conocer estas variables externas a lo largo de todo el periodo de estudio. Casi siempre, hemos dicho, hay interacción: las variables externas son a su vez influidas por el estado del sistema (“realimentación”: la salida actúa sobre la entrada), y entonces en realidad hay que estudiar un sistema más amplio, que incluya todo.

Sin embargo es frecuente, aun en CS, el caso en que el exterior no es influido apreciablemente por el sistema, en primera aproximación. En este caso la entrada es puramente “exógena”. Así las actividades económicas de un país pequeño no influyen sobre los precios internacionales, y éstos pueden considerarse exógenos.

Aun en este caso más sencillo, predecir el comportamiento del sistema implica conocer todas las variables exógenas influyentes, y ocurre que éstas son muchas y de evolución compleja: necesitaríamos poder predecirlas también. En otros términos, para estudiar una parte del universo necesitamos conocer mucho acerca del resto. Y no sólo no tenemos teoría acerca del “resto del universo” o medio ambiente, sino que la recolección de los datos necesarios para definir su estado inicial es una tarea monstruosa. Y como las decisiones tienen un plazo para tomarse, no podemos gastar cualquier cantidad de tiempo en recoger datos.

Mencionemos como ejemplo alegórico pero que por ahora no parece tener aplicación en la CS, una tercera vía de salvación de la causalidad ensayada en la mecánica cuántica: las variables de estado no son insuficientes, sino inadecuadas. No puede describirse el estado de una partícula dando simultáneamente su posición y su velocidad (y su masa), como hacía la mecánica clásica, y por lo tanto esas variables no pueden predecirse simultáneamente. Hay que usar otro tipo

de variables, como las funciones de onda. A esto también tuvieron que resignarse los físicos, aunque de mala gana. Esas predicciones descartadas sólo pueden hacerse aleatoriamente.

5. La situación es, pues, desalentadora: las predicciones fallan porque, aun si se dispusiera de una teoría correcta, las influencias externas son importantes e impredecibles. Y no interesa una solución al estilo de la termodinámica debido al marco de referencia establecido.

En nuestra opinión, hay una salida intermedia que merece la pena de ser ensayada y que hemos bautizado "experimentación numérica" (Varsavsky, 1963). Es una variante de los métodos de Montecarlo y de Simulación, y consiste entre otras cosas en utilizar "entradas hipotéticas", en un MM.<sup>2</sup>

Una "entrada hipotética" (EH en lo sucesivo) es una estimación de cada una de las variables externas que forman la entrada: una hipótesis sobre la evolución de cada factor de los que forman el medio ambiente del sistema, una serie temporal para cada una. Esas estimaciones pueden haberse hecho de cualquier manera: algunas por métodos estadísticos, otras por decisión (controles o instrumentos), otras por apreciaciones intersubjetivas.

Dada una EH y el estado del sistema en cierto instante, si se tiene una explicación o teoría del sistema puede predecirse el estado que tendría el sistema en cualquier instante posterior si la EH se convirtiera en realidad (y si la teoría fuera correcta). Eso es lo que una explicación del sistema permite hacer, por definición.

Tomando varias EH diferentes, pero todas "razonables", es decir compatibles con la información disponible, se obtendrán predicciones diferentes. Lo mismo ocurre si se ensayan explicaciones diferentes. ¿Sirve esto de algo?

Consideraremos tres casos:

<sup>2</sup> Los típicos modelos de simulación consideran variables prácticamente indescomponibles, referidas a individuos o a procesos elementales: funcionamiento de una empresa, procedimientos legislativos o judiciales (cómo evoluciona un expediente, por ejemplo), portafolios de acciones, demografía por familia, etcétera. Pueden incluir variables o leyes estocásticas (método de Montecarlo). La experimentación numérica incluye estos casos, pero hace énfasis especial en modelos de variables agregadas, como en macroeconomía, ecología, o el estudio de sistemas sociales en que la unidad no es el individuo sino el grupo social, sindicato, partido político, etcétera.

Para ejemplos sociológicos de simulación ver Boudon, 1967.

a) Las predicciones son todas similares, según algún criterio de similaridad (por ejemplo que todas conducen a tomar la misma decisión aunque no todas le asignen las mismas ventajas). Se dice entonces que el sistema es poco sensible, y se ha obtenido una predicción aceptable, pues permite decidir.

b) Las predicciones son diferentes pero pueden clasificarse en varios *tipos* (por ejemplo según la alternativa que señalen como más ventajosa, o, si no hay problema de decisión, por algún método de taxonomía numérica), de modo que las del mismo tipo son similares entre sí y muy diferentes de las demás. Puede entonces clasificarse a las EH según el tipo de predicción a que dan lugar, y tratar de caracterizar esta segunda clasificación asociada, por medio de atributos intrínsecos. Si eso se logra de manera eficiente, se tendrá una *ley fenomenológica* que dará predicciones cualitativas de la siguiente forma: “cuando la entrada tiene tales atributos, la salida será de tal tipo”.

Esto tiene una importancia especial cuando uno de esos tipos es sumamente deseable y otro sumamente indeseable. Entonces la ley permite orientar los esfuerzos para que la entrada real sea de la clase conveniente o por lo menos no sea de la más perjudicial.

Pues ocurre, y esto es esencial, que el investigador tiene poder directo o indirecto— para modificar la entrada, las variables ambientales, y entonces una predicción *relativa* como la mencionada (si EH es así, entonces la salida será así), le permite por lo menos orientar sus esfuerzos para modificar esa entrada.

c) Las predicciones no admiten una clasificación convincente, sino que se distribuyen con cierta continuidad (pero no necesariamente uniformidad) al variar las EH. En este caso es todavía posible extraer conclusiones, pero de tipo estadístico. Se considera a las EH como una muestra del universo de todas las entradas posibles (para ello hay que tratar de que cumplan ciertas condiciones de aleatoriedad), y las predicciones obtenidas definen entonces una distribución probabilística que permite hacer afirmaciones como “la probabilidad de que ocurra A es p”, “la esperanza matemática de la variable V es E”, etcétera. Estas predicciones probabilísticas no son bien vistas en las CS. Si se está tratando de predecir el resultado de una elección, muchos piensan que es

inútil saber que “la probabilidad de que gane el partido A es del 60%”. Incluso se dice que eso no tiene siquiera sentido pues es un acontecimiento irreproducible.

Es un problema viejo y ya resuelto. Si sólo se hicieran una o dos predicciones estadísticas en la vida, la duda sería correcta. Pero como el número de decisiones bajo incertidumbre que uno hace es enorme, pueden aplicarse los criterios estadísticos al conjunto de todas ellas, y por lo tanto las afirmaciones probabilísticas adquieren un sentido práctico. Cada ensayo de una EH es como un experimento hecho con un modelo del sistema. La EH resume las condiciones ambientales bajo las cuales se hizo el experimento. Como este modelo es matemático y se ejecuta en una computadora surgió el nombre de experimentación numérica.

6. Este método de ensayar muchas EH es simplemente imposible de aplicar si la teoría del sistema está expresada en forma nebulosa y parcial, como ocurre con el lenguaje literario.

Si hemos llegado a la conclusión de que es necesario estudiar los efectos de un error en la estimación de la situación internacional como determinante (entre otros muchos) de la plataforma de un partido político, es imprescindible que el sistema socio-político esté claramente representado, de modo que el cálculo de los efectos de ese error sea posible y breve.

Ambas condiciones son satisfechas por los modelos matemáticos procesables en computadoras (este último calificativo es en realidad innecesario: todo MM de un sistema real es computable).

Más formalmente; todo sistema tiene una “teoría”. Llamaremos así al conjunto de reglas o instrucciones que permiten averiguar cuál es la salida, conociendo el estado en un cierto instante (estado “inicial”) y la entrada. Es el mecanismo del sistema, y corresponde a la explicación en la cadena antes mencionada.

El énfasis está en la operatividad o computabilidad: la “teoría” toma los datos y a partir de ellos va construyendo los resultados por aplicación sucesiva de instrucciones explícitas. Cada instrucción está justificada por una definición, una identidad, una premisa (hipótesis o ley empírica) o un teorema deducido de esas premisas.

Este uso del término “teoría” no coincide con el habitual,

en el que se piensa en un cuerpo de leyes o hipótesis generales, aplicables a muchos sistemas, y expresadas en la forma más neutra, abstracta y económica posible. Así la teoría de Newton afirma que fuerza es masa por aceleración, pero de ahí hay un salto enorme hasta la “teoría” del sistema formado por una draga trabajando en el lecho de un río (entre paréntesis, en este ejemplo particular ese salto no se ha dado usando la teoría general sino construyendo modelos físicos).

Las leyes en CS son poco confiables, aisladas y muchas. Algún día serán integradas en alguna teoría general, como en física, pero no es necesario esperar a que eso ocurra para hacer teorías de los sistemas específicos.

La historia de las CS nos enseña que cuando la teoría se expresa en el lenguaje cotidiano —refinado por algunos términos técnicos— es imposible explicar sistemas reales de interés práctico, por tres motivos principales:

a) Las leyes individuales que forman la teoría son malas, por no tomar en cuenta todas las variables influyentes o por no describir correctamente su influencia.

b) Las leyes son incompatibles o contradictorias, por usar variables “esquizoides” (que toman significados diferentes en contextos diferentes, imperceptiblemente), por imponer condiciones que al acumularse tienen contenido nulo, por permitir cálculos paralelos de una misma variable con resultados diferentes.

c) La teoría es incompleta: faltan leyes o pasos en el razonamiento y por lo tanto hay variables que no se pueden calcular.

El lenguaje matemático elimina de raíz los peligros b) y c), pues un MM muestra contundentemente las incompatibilidades e incompletidades. En cuanto al a), el MM ayuda a resolver esta cuestión de tres maneras: facilita e incluso estimula la inclusión de nuevas variables que no se habían tenido en cuenta por incapacidad de manipularlas en el lenguaje ordinario.

Permite identificar las leyes menos correctas, analizando cómo reproducen comportamientos históricamente conocidos del sistema en cuestión. Puede, por ejemplo, recurrirse al “ajuste secuencial”, que consiste en eliminar primero todas las leyes empíricas, reemplazándolas por las series históricas conocidas para las variables que con ellas se calculaban, y

luego reintroducir esas leyes una a una, hasta que aparecen las que deforman la historia.

Permite ensayar diferentes alternativas para las leyes sospechosas, sin cambiar el contexto.

Si una ley es empíricamente falsa, no hay lenguaje que la haga verdadera. La utilidad de un lenguaje en este caso se mide por la eficiencia con que permite descubrir y localizar estas falsedades de modo que pueda ensayarse una nueva ley.

Así pues, un MM está libre de los defectos *b*) y *c*) por el sólo hecho de funcionar. Puede en cambio tener abundantes defectos del tipo *a*), sin ser culpable de ellos. El MM sólo tiene obligación de ser una representación fiel de la teoría; si ésta a su vez no es representación fiel de la realidad, el MM tampoco lo será.

7. Y sin embargo, los MM que se vienen ensayando desde hace un siglo en las CS han dado resultados pobrísimos. ¿Refuta esto nuestras esperanzas? Esos MM se limitaban a utilizar el tipo de matemáticas que más resultado había dado en la física, especialmente las ecuaciones diferenciales y el álgebra lineal.

Pero la linealidad es rara *avis* en los fenómenos sociales (muchísimas variables ni siquiera tienen toda la estructura de los números). Y si se intenta representar con ecuaciones diferenciales no lineales, todas las variables que influyen en la evolución de un sistema social con sus complejas relaciones causales, se obtiene algo que desafía todo intento de resolución y no se parece en nada a las ecuaciones de la física: lineales, con pocas variables y mucha simetría.

La solución que se buscó a esta fundamental dificultad, fue simplificar artificialmente los sistemas sociales hasta que fueran representables por pocas ecuaciones manejables. Por eso la palabra "modelo" es mirada con desconfianza en CS: se los ve como caricaturas de los sistemas que pretenden representar.

Eso explica el poco éxito anterior. ¿Hay otra manera de hacer las cosas?

Gracias a las computadoras, que resuelven para nosotros los operadores más dificultosos, estamos ahora en condiciones de enfrentar esa complejidad característica de los sistemas sociales. Y curiosamente, al hacer eso puede eliminarse esa complejidad característica de la matemática que usan los físicos.

No es necesario hablar más de ecuaciones diferenciales (aunque muchas veces se esté usando algo análogo). Las relaciones causales se representan tal como se las ha imaginado y cuantificado sólo lo que convenga. Leyes como: "en un sistema democrático, si el gobierno quiere imponer un impuesto 'progresista' sin hacer previamente una campaña de presión, todos los periódicos que viven de publicidad estarán en contra", son traducibles al lenguaje matemático casi sin cambios.

Esto es lo que nos hace pensar que los nuevos MM pueden tener un futuro más brillante que los antiguos.

8. *Conclusiones.* Dadas las condiciones de complejidad e interacción con el medio ambiente de los sistemas sociales, creemos que será imposible hacer para ellos predicciones de cierta precisión cuantitativa con respecto al marco de referencia de la vida cotidiana.

Nos parecen en cambio alcanzables las predicciones cualitativas, suficientemente útiles para resolver gran cantidad de problemas de decisión. Pero aun este objetivo limitado sólo será posible si las leyes y teorías se expresan en un lenguaje cuyo rigor lógico permita descubrir lagunas, inconsistencias y localizar rápidamente las hipótesis empíricamente menos correctas para mejorarlas.

Los modelos matemáticos del tipo de experimentación numérica, aunque están aun en su infancia metodológicamente, han probado ya su utilidad en el campo de la planificación económica, y varios investigadores están ensayándolos ya en cuestiones sociológicas, políticas e históricas (ver bibliografía). Parecen cumplir las condiciones recién enunciadas. Aunque es difícil hacer una separación neta entre estos modelos y los de simulación usados por los ingenieros y microeconomistas, diría que el primer intento en esta dirección fue el modelo económico de la India de E. Holland, 1961. Desde entonces los esfuerzos parecen haberse concentrado principalmente en Sudamérica.

En Estados Unidos merecen destacarse los trabajos de Guetzkow, que hace modelos mixtos hombre-computadora, y los de Guy Orcutt, en demografía y economía.

ÓSCAR VARSAVSKY



## BIBLIOGRAFÍA

- Bianciotto, Frenkel, Leal, Marzulli, O'Connell, Pérez Castillo, Testa, Varsavsky y Yeros, "Modelo para planificación de producción e ingresos", CENDES, *Informe*, núm. 4, 1968.
- R. Boudon, *L'Analyse Mathématique des Faits Sociaux*, ed. Plon, París, 1967.
- A. E. Calcagno y J. De Barbieri, *Aplicación de la técnica de los modelos al análisis de la realidad política*, FLACSO, Chile, 1967.
- O. Cornblit y T. Di Tella, "Modelo de evolución histórica para varios países latinoamericanos", en preparación. Comunicación personal.
- De Barbieri, Ibarra, Naón, Núñez del Prado, Sáinz, Varsavsky, "Modelo para estudios de inflación en Chile", ILPES: *Informe de una misión de Naciones Unidas*, 1965.
- C. Domingo y O. Varsavsky, *Un modelo matemático de la utopía de Moro*, publicación interna del Instituto de Cálculo, U. de Buenos Aires, 1965; y *Desarrollo Económico*, vol. 7, 1967, pp. 3 a 36.
- H. Guetzkow, *Simulation in International Relations*, Prentice Hall, N. Y., 1963.
- E. Holland, *Simulation of an Economy with Development and Trade Problems*, M.I.T., Cambridge (tesis), 1961.
- J. Sabato y O. Varsavsky, *Experiments with a Mathematical Model of Utopia*, Proc. Intern. Symp. of Math. & Human Sc., Roma, 1966.
- J. A. Silva Michelena, "Venutopía I: Modelo experimental de un sistema político nacional", en *Cambio político en Venezuela*, CENDES, Caracas, 1967.
- O. Varsavsky, "La experimentación numérica", *Ciencia e Investigación*, vol. 19, 1963, pp. 340-347.
- O. Varsavsky, "Mathematics and Social Sciences", a aparecer en *Age de la Science*, 1967.



## ANEXO I

# MODELO PARA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN E INGRESOS

### *Introducción*

1. Este modelo permite verificar la consistencia, factibilidad y eficacia de un plan de desarrollo, según los indicadores económico-sociales más usuales para el mediano plazo (aunque está preparado para correr cualquier número de años). Esencialmente es un instrumento para *ordenar* e *integrar* la información existente de manera que permita ver las consecuencias de las hipótesis y objetivos de un plan.

Prácticamente no contiene leyes económicas. Ellas están reemplazadas por hipótesis explícitas sobre la tendencia futura de los parámetros más conocidos por los economistas: coeficientes de capital, de trabajo, de insumos totales e importados, de consumo familiar, etcétera. Pero si el usuario del modelo tiene confianza en la validez de alguna relación teórica que explique uno de estos parámetros, en función de otras variables del modelo, puede usar dicha relación en lugar de la hipótesis explícita. Tal cosa no parece probable que ocurra en un futuro próximo.

Aunque el modelo no incluye "ecuaciones de comportamiento", tiene una base teórica dada por la misma elección de variables y coeficientes, hecha de manera de poder utilizar el vasto caudal de regularidades descubierto a lo largo de los años por los economistas y otros científicos sociales.

Así, al calcular el consumo de las familias por medio de una elasticidad ingreso *variable exógenamente en el tiempo*, no estamos dando una ecuación de comportamiento, pues matemáticamente eso es tan exógeno como dar directamente los consumos a lo largo del tiempo. Pero para el economista que debe hacer una estimación de esas variaciones es mucho más conveniente expresarse en términos de elasticidades, sobre las cuales tiene amplia experiencia y bibliografía.

La elección de parámetros debe pues ser bien estudiada. Así por ejemplo, para calcular el empleo por nivel de calificación, elegimos originalmente unos "coeficientes trabajo/producto" diferentes para cada nivel, pero encontramos que a pesar de su inter-

pretación sencilla (número de empleados de tal nivel necesarios para producir una unidad), no eran suficientemente familiares, y decidimos por eso reemplazarlos por un único coeficiente de productividad del trabajo (sobre el cual hay abundante información), seguido por una distribución del empleo total por niveles dada por coeficientes exógenos bien intuitivos. Aunque ambas maneras son equivalentes (de un sistema de coeficientes se pasa al otro de inmediato), una de ellas facilita más el uso de la experiencia del planificador que la otra.

2. El modelo Cendes-Cordiplán está organizado en 4 submodelos: PROD, INGR, DEM y EDUC (producción, ingreso, demografía y educación), de los cuales los dos últimos son optativos o pueden usarse independientemente. Tratan los siguientes problemas:

Producción, desagregada en 19 sectores (muchos de ellos a su vez desagregados por la tecnología empleada: empresas grandes, artesanales e intermedias).

Empleo, desagregado tanto por categorías como por niveles de calificación.

Inversión y capacidad.

Salarios, precios externos (los precios nacionales son constantes en esta versión).

Impuestos.

Distribución del ingreso personal y familiar en 4 niveles.

Demanda total y sus componentes.

Cuentas (corriente y de capital) de las empresas, familias, gobierno y exterior. Endeudamientos correspondientes para saldarlas.

Déficit de vivienda, por nivel de ingreso.

Cuentas nacionales.

Población rural y urbana, por grupos de edad y sexo. Población activa-desocupación.

Matrícula escolar para todos los niveles —oferta de mano de obra—, costos, inversiones y demanda de profesores.

No incluye análisis monetario ni estructura de precios.

3. Al construir un modelo, lo primero que debe definirse es la *salida*, es decir, cuáles son los índices que se desea que el modelo calcule. En el modelo Cendes-Cordiplán la salida es la que se muestra en los cuadros reproducidos en las páginas siguientes.

En realidad el modelo calcula más cosas que las incluidas en la salida; así manufactura y otros sectores de la salida están más desagregados en el modelo, y hay muchos otros ejemplos de este tipo como se verá en la explicación detallada. Estos datos no se

incluyen para no hacer una salida inmanejable por lo extensa, pero cualquiera de ellos puede hacerse imprimir a pedido.

Asimismo el formato de salida imprime ocho años, pero éstos pueden ser cualesquiera, consecutivos o no.

4. Definida la *salida* se determina cuáles son los datos necesarios para calcularla, o *entrada*. En la entrada podemos distinguir varios tipos de datos, llamados genéricamente "variables" (aunque sean coeficientes o valores fijos):

*Valores iniciales*, que describen el estado socio-económico del país al iniciarse el plan, con el grado de detalle y desagregación necesario.

*Controles o instrumentos*, son las variables que definen la estrategia del gobierno a lo largo del plan: política fiscal, crediticia, comercial, industrial, salarial, tecnológica, seguridad social, educativa, vivienda, salud, natalidad, etcétera.

Podemos incluir aquí algunas variables como la productividad del trabajo y el capital, o la sustitución de importaciones, que aunque no son controladas por el gobierno son influidas fuertemente por él.

*Variables exógenas*, exportaciones, precios del mercado externo.

*Parámetros*, auxiliares de todo tipo, como capital medio por empresa en cada sector y técnica; estructura del empleo según calificación, por sector y técnica; costo de la vivienda familiar por nivel de ingreso; coeficientes de deserción escolar por tipo de enseñanza, etcétera. Sus valores iniciales pueden ser medidos, y hay que dar hipótesis explícitas sobre su variación en el tiempo si no se cree que permanecerán constantes.

*Tasas de desarrollo*, son las tasas de crecimiento de los diversos sectores y técnicas de producción dadas año por año durante el curso del plan. Ellas constituyen las metas de crecimiento cuya conveniencia se desea estudiar.

Tasas y controles forman el plan. Parámetros y variables exógenas forman las hipótesis en que el plan se basa: su marco de referencia.

### *Modo de uso*

5. El modelo calcula la salida a partir de la entrada.

Dados los valores iniciales, los controles, las tasas de desarrollo e hipótesis sobre los parámetros y variables exógenas, se van computando con sencillas fórmulas los requerimientos de empleo, inversiones, bienes intermedios, importaciones, etcétera, la distribución del ingreso, las demandas de familias, gobierno y exterior;

el gasto, el ahorro y la financiación necesaria para saldar las cuentas.

Para cada "mercado" —producción, empleo, comercio exterior, inversión, capacidad instalada, gobierno, familias, etcétera— se determinan por separado oferta y demanda, ingresos y gastos.

6. Si las discrepancias observadas en todas las cuentas son "pequeñas", a juicio de los usuarios, y la distribución del ingreso y otros indicadores sociales son "razonables", entonces el plan es aceptable. Esta verificación se repite para ligeras variaciones en las hipótesis sobre los parámetros y variables exógenas, para ver cuánto podría afectar al plan una mala estimación de éstas. Este análisis de sensibilidad debe hacerse con todo el detalle que el tiempo permita, pues descubre las hipótesis cruciales cuyo no cumplimiento puede poner en peligro el plan.

7. Si las discrepancias resultan ser muy grandes, hay que ensayar cambios en las tasas y los controles hasta que disminuyan a un nivel aceptable (pero ya esas discrepancias enseñan mucho al planificador). En realidad la mayor utilidad de estos ensayos es mostrar los peligros graves no evidentes. Cada cambio que se ensaya es como un experimento de laboratorio con el país representado por el modelo, y la computadora da los resultados en forma numérica (de ahí el nombre de experimentación numérica o *numex* que damos a este método).

El orden en que se hacen estos ensayos depende mucho de los resultados iniciales y de las interpretaciones que les dé el usuario. Así, si se observa un fuerte exceso de demanda sobre oferta en cierto sector, la primera corrección a ensayar podría ser aumentar la tasa de crecimiento que el plan le asigna, siempre que haya capacidad en exceso en ese sector y el de bienes intermedios y el balance de pagos no sea crítico. Pero también podría tratar de disminuirse la demanda con medidas fiscales o restringiendo exportaciones, etcétera.

Se está estudiando un método automático de eliminar simultáneamente todas las discrepancias por encima de ciertos límites con el menor cambio posible de tasas y controles, que esperamos esté a punto este año, pero de todos modos las discrepancias más grandes deberían ser estudiadas a fondo para entender sus causas y eliminadas "a mano".

8. El modelo integra el trabajo de las diferentes secciones de una oficina de planificación, permitiendo ver todas las influencias mutuas y cruzadas de las diversas hipótesis y decisiones del plan.

Este trabajo nunca se hace de manera completa —con una desagregación aceptable— por falta material de tiempo (para representar los principales aspectos de la economía hacen falta muchos centenares de variables y parámetros). El modelo es el esquema abstracto de esta coordinación e integración del trabajo de los planificadores individuales, con la desagregación que se desee.

Se prepara antes que el plan, y sólo hace falta llenarlo con la información que *de todos modos* se debe reunir, para tener de inmediato los resultados. Cualquier cambio en esa información puede introducirse a bajo costo en tiempo y dinero, y por lo tanto se pueden tener en cuenta las modificaciones de último momento.

### *Ventajas del método*

9. Cada ecuación del modelo tiene un significado claro y familiar para el planificador. El modelo no hace más que efectuar ordenada e integradamente los cálculos que al planificador siempre le falta tiempo, pero no ganas, de hacer.

Como cada corrida del modelo cuesta poco —en tiempo y dinero— el planificador puede hacer una cantidad de ensayos tentativos con diferentes variaciones del plan o las hipótesis para asegurarse de que su intuición económica está funcionando bien, o en caso contrario para analizar los resultados inesperados. Como todas las hipótesis son explícitas, este análisis es relativamente sencillo.

10. A medida que transcurre el periodo del plan, la nueva información se introduce fácilmente en el modelo y permite hacer evaluaciones y correcciones sobre la marcha con toda facilidad. Igualmente permite responder rápidamente a preguntas del tipo: “¿qué sucedería si...?”, que acosan diariamente al planificador.

11. El modelo no es un aparato que se entrega terminado e inmutable. Puede ser modificado a medida que su uso sugiera posibles mejoras al usuario, o se le descubran defectos. Esta renovación constante permite adaptar el modelo cada vez más a las necesidades prácticas de los planificadores.

12. Por ser el modelo un esquema *integrado* y completo del plan, permite descubrir lagunas de información, obliga a usar conceptos y unidades coherentes a todas las secciones, y —mediante los análisis de sensibilidad— permite asignar prioridades a las futuras búsquedas de datos.

13. Comparando con los modelos econométricos podemos hacer las siguientes observaciones.

Los modelos econométricos tienen un defecto fundamental: parten de la hipótesis que las regularidades estadísticas observadas en el pasado son válidas también para el futuro. Como casi siempre los países están disconformes con su pasado y el plan es un instrumento para cambiarlo, es evidente que aceptar los datos econométricos es declararse vencido de antemano.

Desde hace algunos años hay ensayos de “hacer simulación” con los modelos econométricos. Con esto se quiere decir probar (en una computadora, única forma eficiente de hacerlo) el efecto de cambios en los coeficientes del modelo, justamente para tener en cuenta variaciones bruscas que se prevén o desean. Esto es un paso tímido en la dirección de nuestro método.

A éste se le acusa de ignorar olímpicamente las estadísticas. Nada menos cierto: los valores que el planificador asigna a los coeficientes sin duda estarán basados en las estadísticas existentes, en la medida en que existen y son confiables, pero además interviene toda su experiencia cualitativa para criticar y modificar esos datos históricos a la luz de los objetivos del plan.

Por otra parte, la escasez de estadísticas en los países más necesitados de planificación, hace que los modelos econométricos sean por fuerza mayor incompletos y muy agregados. Estos modelos, pues, sólo tienen sentido en países que tienen una larga tradición estadística y no prevén cambios importantes en el futuro.

Otra observación: los coeficientes de un modelo econométrico no son confiables si las series históricas de donde fueron deducidos son muy cortas. Pero alargar esas series hacia atrás —suponiendo que fuera posible— nos lleva casi siempre a épocas que muy poca semejanza tienen con la actual, y por lo tanto hay tan poca justificación para usarlas como la habría para usar series de otro país.

14. En vista de estas bien conocidas deficiencias estadísticas surge la natural pregunta de la validez de cualquier intento de planificación, y hasta de la posible ridiculez de emplear para ella instrumentos matemáticos como los modelos.

En primer lugar, recordemos que planificar es tomar decisiones, teniendo en cuenta todos los factores importantes y en el momento necesario. Si la información no es confiable, el equipo de planificadores la reemplazará por estimaciones —cualitativas o no— en las que crea más por algún motivo. Aquí la palabra clave es *crear*, que parece fuera de lugar en un contexto científico. Pero es que los dirigentes de un país *tienen asignada la responsabilidad de actuar*, o sea de decidir, y aceptar esa responsabilidad significa automáticamente que ellos eligen el criterio de verdad. Aceptan

lo que creen que deben aceptar: sus propias estimaciones subjetivas, las estadísticas de países “parecidos” o la opinión de expertos internacionales o nacionales. Llegado el momento, su oficio es decidir, y lo deben hacer por mala que sea la información de que disponen. No decidir es también una decisión: se puede pasar a la historia por lavarse las manos.

En cuanto a si se justifica el uso de modelos matemáticos en condiciones de información deficiente, la respuesta no sólo es afirmativa, sino enfática: puede ser más importante usar modelos en estos casos que cuando la información abunda.

Hagamos notar que el calificativo “matemático” no significa “precisión numérica”, sino “rigor lógico”. Esta confusión —acentuada por la influencia de la econometría— es la que hace a muchos economistas prácticos rechazar *a priori* toda idea de usar modelos (además, la palabra “modelo” también tiene implicaciones negativas, pues se ha usado en estas ciencias como sinónimo de simplificación deformante de la realidad para ejercicio teórico).

Un modelo matemático sólo extrae las consecuencias lógicas de las hipótesis que se han hecho. Que tanto las consecuencias como las hipótesis se expresen en general numéricamente, es una comodidad pero no una necesidad. Es posible —pero no eficiente— hacer modelos matemáticos de la realidad con conceptos exclusivamente cualitativos.

El carácter cualitativo de una estimación aparece al darla no como un número exacto sino con un error: se da no un número sino un intervalo. No decimos que cierto coeficiente de insumos es 0.08 sino que está entre 0.065 y 0.09. Pueden incluso darse varios intervalos donde se admite que puede estar incluido el valor “verdadero”, agregando para cada intervalo la probabilidad que se cree le corresponde. Así el coeficiente anterior puede definirse diciendo que está entre 0.065 y 0.077 con probabilidad del 20%, entre 0.083 y 0.09 con probabilidad 30% y entre 0.077 y 0.083 con 50%.

Esto es en general demasiado engorroso de explicitar, pero algo semejante se hace implícitamente todos los días.

Al correr un modelo matemático usual, sin embargo, es necesario dar a cada parámetro *un* valor numérico, no un intervalo (repetimos que es posible hacer el modelo de modo que acepte intervalos u otros conceptos cualitativos, pero eso no resulta más eficiente, por ahora).

Por lo tanto a *una* corrida del modelo —a *un* experimento numérico— es justo achacarle todos los defectos que hemos mencionado.

Pero el principio del método de experimentación numérica es justamente no limitarse nunca a un experimento, sino hacer muchos, con distintos valores admisibles para cada parámetro.

Debemos admitir de inmediato que todavía no está desarrollada la teoría que permita calcular —en base a la complejidad del modelo y la confiabilidad de sus datos— cuántos experimentos son necesarios para llegar a conclusiones confiables. Esto se hace por ahora a “olfato”.

Otro problema es cómo elegir los valores numéricos a ensayar en cada experimento, ya que evidentemente no pueden probarse todas las combinaciones (no podrían siquiera probarse todos los valores de un solo parámetro si se admite que el intervalo en que está definido es de números reales, pues éstos son infinitos, pero la realidad es que todo valor está definido con un número fijo de cifras decimales, y por lo tanto hay sólo finitas posibilidades en cada intervalo).

Una manera es elegirlos al azar, como una muestra para encuesta (tomando en cuenta las probabilidades de los intervalos, si se han explicitado). Esto es en esencia el “método de Montecarlo”, ideado por J. Von Neumann hace más de 20 años para ciertos problemas físicos.

En las ciencias sociales, donde el usuario del modelo posee generalmente más información cualitativa de la que ha hecho explícita en las ecuaciones y estimaciones, es preferible reemplazar el azar por elecciones “juiciosas”. Esto ocurre sobre todo al cambiar simultáneamente varios parámetros que se creen correlacionados, aunque no con la suficiente claridad como para incluir esa correlación explícitamente en el modelo. Si por ejemplo un grupo de coeficientes se estimó con la misma metodología, es muy probable que estén todos simultáneamente desviados en el mismo sentido, y habrá muy poco interés en probar qué pasa si algunos están sobrevaluados y otros subvaluados.

15. Veamos tres usos típicos de un modelo en condiciones de información defectuosa. Se supone siempre que se han hecho varios experimentos (digamos un centenar, para precisar).

a) Algunos experimentos darán resultados desastrosos. Ellos develan o confirman peligros graves que pueden ocurrir. Un análisis de esos experimentos comparados con los que dan perspectivas aceptables indicará cuáles parámetros son los culpables de la catástrofe al tomar ciertos valores. Si el modelo se ha construido de modo que todos los parámetros tengan un significado familiar, esto sugerirá medidas concretas para evitar que esos parámetros tomen los valores descubiertos como peligrosos.

Así la primera —y tal vez principal— utilidad del modelo es descubrir peligros y analizar sus causas.

b) Toma de decisiones. Supongamos que se desea comparar varias posibles alternativas de reforma fiscal: A, B, C... Cada una está definida por ciertas tasas impositivas de distintos tipos a implantarse en diferentes épocas. Si la información que se tiene fuera exacta, bastaría una corrida del modelo para cada una de las alternativas, y luego la comparación de los resultados diría cuál de ellas es la más deseable.

Los defectos de información obligan a repetir esa comparación muchas veces, para distintos posibles valores de los parámetros (incluso hipótesis sobre variables exógenas, etcétera). El resultado será entonces del tipo: "en ciertas condiciones es preferible la alternativa A, en tales otras la B, etcétera".

Si la gran mayoría de los experimentos indica A como la mejor, se elige A. Si B nunca aparece entre las mejores, se descarta B.

Aún si los experimentos no dan ventaja evidente a ninguna, se ha adelantado mucho, pues se sabe en cuáles condiciones hay que decidirse por A, por B o por otra. Un estudio de esas condiciones —sus probabilidades, el costo de asegurarlas o evitarlas— permitirá llegar a la decisión de una manera racional.

Entre paréntesis, los criterios para decidir que los resultados de un experimento son "mejores" que otro pueden ser de cualquier tipo. Puede haber en el modelo un índice de "bienestar" cuyo valor se trata de maximizar, o puede haber varios indicadores simultáneos (que a veces dan indicaciones contradictorias) que el planificador evalúa desde fuera del modelo.

c) Al hacer los experimentos se descubre que ciertos parámetros o hipótesis son críticos o *cruciales*, en el sentido que pequeñas variaciones en ellos producen grandes variaciones en los resultados.

Esto está indicando que esos factores requieren un estudio especial. Debe darse prioridad a la búsqueda de datos pertinentes, dejando para más adelante los esfuerzos destinados a factores no cruciales. Casi siempre conviene analizar esos factores en sus componentes, cambiando si es necesario el grado de desagregación del modelo. Es decir, los experimentos indican cuáles son los factores que conviene conocer y controlar mejor. En países con alguna experiencia en planificación, la gran mayoría de los parámetros críticos ya han sido descubiertos y estudiados. Si aparecen muchos parámetros críticos nuevos, es posible que la principal utilidad del modelo sea *demonstrar* que ningún plan es confiable porque sus resultados serán buenos o malos según cuales sean los verdaderos valores de esos parámetros.

Esta situación es bien conocida de los planificadores que usan

los modelos agregados usuales, donde por ejemplo todo depende del valor que tenga el coeficiente de ahorro global. Como de todos modos hay que tomar una decisión, lo que se hace es: dar a los parámetros críticos los valores que a juicio del planificador son más probables, y tomar luego durante la implementación del plan, todas las precauciones posibles para que los valores verdaderos se acerquen a los elegidos.

16. Si la información que se tiene no es tan desagregada como el modelo, éste siempre puede usarse como si fuera más agregado. Así, si no existen datos sobre el nivel de calificación de la mano de obra, se ignoran 3 de los 4 niveles que aparecen en el modelo y se interpreta el cuarto como empleo de cualquier calificación, haciendo lo análogo con los salarios, productividades, etcétera.

Sin embargo, en general será más instructivo hacer una distribución hipotética del total en las 4 categorías, utilizando la información cualitativa de que siempre se dispone, especialmente si se esperan cambios grandes en esa distribución.

Así, si sólo se sabe que los obreros calificados son hoy como máximo el 15% del total, pero tal vez mucho menos, puede pensarse que es inútil desagregar. Pero si además se cree que dentro de 5 años ellos serán no menos del 30% y tal vez más, es mejor desagregar usando esas dos cifras, que nos permitirán por lo menos calcular un límite inferior al efecto de ese cambio de estructura sobre la ocupación.

### *El submodelo PROD*

17. El submodelo PROD esquematiza el funcionamiento del sistema productivo, y sobre todo, los requerimientos de mano de obra, inversiones y financiamiento externo que generarían ciertos niveles de actividad en el futuro.

Se parte de un conjunto de proyecciones básicamente exógenas, en cuanto a la evolución del producto y la productividad de la mano de obra en cada uno de los sectores de producción. Se prefirió proyectar el producto, y no la producción, porque el punto de referencia usual de un plan es el producto bruto interno.

Con el objeto de analizar el efecto de la utilización de técnicas de diferentes grados de intensidad de mano de obra, muchos sectores se han subdividido a su vez en "técnicas", subdivisión que, además de tomar en cuenta dicho criterio, viene definida por la magnitud y/u organización social de las unidades de producción. Las proyecciones sectoriales de producto y productividad se descomponen, entonces, en proyecciones para cada técnica en cada

sector, donde el peso relativo de las distintas técnicas refleja una decisión en cuanto a esta alternativa. Debe aclararse, sin embargo, que en algunos casos se ha usado esta división para definir verdaderos subsectores.

Asimismo, dado que la situación del país parece caracterizarse por la existencia de desocupación de mano de obra no calificada, en tanto que, por lo contrario, escasearía la mano de obra calificada; se ha considerado de utilidad clasificar por niveles de calificación la demanda de mano de obra implícita en aquellas proyecciones de producto y productividad. Por otra parte, con el objeto de determinar los ingresos y gastos —tarea que se efectúa en el submodelo INGR— es importante discriminar entre asalariados, patrones, trabajadores por cuenta propia y ayudantes familiares. En consecuencia, en esta primera parte del modelo PROD queda determinada la ocupación clasificada por sector y “técnica” de actividad, nivel de calificación y categoría de ocupación.

La comparación de estas magnitudes con las referentes a la disponibilidad de mano de obra —que se calcula en los submodelos DEM, EDUC— es uno de los objetos más importantes de este trabajo y ofrece un criterio para juzgar el valor de las decisiones involucradas en las hipótesis que se han aceptado.

El modelo PROD calcula, a continuación, los requisitos de inversión generados por las proyecciones de crecimiento del producto y las técnicas empleadas, y verifica la existencia o ausencia de capacidad de producción ociosa. Para ello se usan hipótesis explícitas sobre coeficientes capital/producto, producto/producción e intensidad de uso de la capacidad existente, para cada técnica y sector separadamente, y su evolución futura estimada o planeada.

Con las proyecciones de producto e inversión, el modelo calcula la demanda de importaciones de bienes intermedios y de capital, las que unidas a las de bienes de consumo —que se determinan en función de los ingresos familiares y del gobierno calculados en el modelo INGR— y a los egresos de divisas por turismo, remesas de beneficios, de intereses y pagos por otros servicios, permiten determinar los egresos corrientes de divisas del país. De la comparación de dichos egresos con los ingresos provenientes de las exportaciones —que se proyectan por medio de tasas de crecimiento exógenas—, surge un saldo de las transacciones corrientes con el exterior. Finalmente de la conjunción de dicho saldo con las amortizaciones de préstamos del exterior obtenidos con anterioridad, queda determinado un monto de financiamiento externo a obtener (que podría ser negativo, esto es, constituir una colo-

cación implícita de ahorro en el exterior) y, en consecuencia, añadido a los valores anteriores, un monto total de endeudamiento externo.

La demanda de bienes intermedios se calcula con una matriz rectangular de insumo/producción, pues no pareció razonable darle la desagregación total del modelo. La demanda de bienes de capital se hace separando construcción y equipos. La demanda de consumo se calcula en INGR, y allí se comparan oferta y demanda total por sector.

18. *Operación del modelo.* El lapso de análisis es variable a voluntad; puede extenderse hasta el año 2000 debido a las características de inercia de los problemas asociados a modificaciones de la población. El periodo de análisis es un año; esto es, que el modelo calcula año a año los valores de todas sus variables; el año base se elige a voluntad (en las primeras aplicaciones será 1966, y el primer año que se calcula es 1967 para tener un criterio de verificación).

#### a) *Datos*

Los datos del modelo son de dos tipos diferentes, desde el punto de vista de programación: valores iniciales, por un lado, y coeficientes y tasas de crecimiento, por el otro.

- i) Valores iniciales. Existe un conjunto de variables cuyos valores en cada periodo se determinan a partir de su valor en el periodo anterior. Los valores de estas variables en el periodo base deben, en consecuencia, ser suministrados como datos ya que el modelo no los determina.
- ii) Coeficientes, tasas y variables exógenas. Salvo unos pocos casos en que el modelo los determina, se fijan exógenamente, pero pueden variar de periodo en periodo. Se dan sus valores para ciertos años elegibles a voluntad (por ejemplo 1967, 1970, 1980 y 2000) y el modelo calcula por medio de rutinas de interpolación lineal sus valores para los años intermedios. Los años elegidos pueden variar de un coeficiente a otro.

#### b) *Resultados*

Dada la longitud del lapso de análisis no se ha considerado útil imprimir resultados año por año, ni para todas las variables que se calculan. Se ha procedido, pues, a seleccionar un conjunto de índices que se consideran suficientes para caracterizar la evolución del sistema, y se imprimen sus valores en ocho años di-

ferentes, a elección del usuario (pueden ser más en realidad, con sencillas modificaciones del programa).

### *Clasificación de los sectores de producción*

19. A. *Subdivisión de sectores.* El número entre paréntesis luego del nombre se refiere a la correspondiente subdivisión en la clasificación uniforme internacional de todas las actividades económicas.

#### *Símbolo*

AGRO	1. Agropecuario (0)
PETR	2. Petróleo (13 y 32)
MINR	3. Minería (11, 12, 14 y 19)
ALMT	4. Alimentos, bebidas y tabaco (20, 21, 22)
TEXT	5. Textiles y confección (23, 24)
RCMO	6. Resto de bienes de consumo (26, 28)
ITMD	7. Productos intermedios (25, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 39)
KPTL	8. Bienes de capital y automóviles (35, 36, 37, 38)
CTRV	9. Construcción de vivienda y urbanismo
CTRP	10. Resto construcción (4)
ELEC	11. Electricidad, gas, agua y servicios sanitarios (5)
TRSP	12. Transporte, almacenaje y comunicaciones (7)
CMCO	13. Comercio y finanzas (6)
SERV	14. Servicios personales y a empresas [83, 85 (salvo 852 y 853) 82 (salvo 821, 822 y 823)]
ESPT	15. Recreación y esparcimiento (84, 852, 853)
SALD	16. Salud (822)
EDUC	17. Educación (821 y 823)
GBNO	18. Servicios del gobierno (81)
VNDA	19. Propiedad de vivienda

B. *Subdivisión de los sectores.* Muchos de los sectores están subdivididos siguiendo un criterio que conjuga tamaño y tipo de organización social, otros por criterios subsectoriales evidentes. En general un establecimiento grande tiene más de 50 empleados, uno mediano entre 20 y 50 empleados y uno pequeño entre 5 y 20 empleados. Los artesanos constituyen unidades de producción con menos de cinco personas ocupadas y, generalmente, con ausencia de trabajo asalariado.

	Técnica 1	Símbolo	Técnica 2	Símbolo	Técnica 3	Símbolo
AGRO	1. Empresarial	EMPR	Asentamientos IAN	ASNT	Campesinos	CNUC
PETR	2. Extracción	EXTR	Refinación	REFN		
MINR	3. Todo el sector	UNIC				
ALMT	4. Gran industria	GNDE	Pequeña y mediana	PQMD	Artesanos	ARTS
TEXT	5. Gran industria	GNDE	Pequeña y mediana	PQMD	Artesanos	ARTS
RCMO	6. Gran industria	GNDE	Pequeña y mediana	PQMD	Artesanos	ARTS
ITMD	7. Gran industria	GNDE	Pequeña y mediana	PQMD	Artesanos	ARTS
KPIL	8. Gran industria	GNDE	Comercial no industrializada	TRAD	Por ayuda propia	ARTS
CTRV	9. Industrializada	INDA				AYPR
CTRP	10. Edificios	EDIF	Infraestructura	INFR	No mecanizada	NMEC
ELEC	11. Todo el sector	UNIC				
TRSP	12. Carga y almacenaje	CARG	Pasajeros	PASJ	Comunicaciones	COMU
CMCO	13. Grande y mediano	GNMD	Pequeño	PEQÑ	Ambulante	BUHO
SERV	14. Grande y mediano	GNMD	Pequeño	PEQÑ	No organizados	NORG
ESPT	15. Grande	GNDE	Pequeño y mediano	PQMD		
SALD	16. Pública	PUBL	Privada	PVDA		
EDUC	17. Pública	PUBL	Privada	PVDA		
CBNO	18. Gobierno central	CENT	Estados y municipios	MUNI	Institutos autónomos no productivos	IAUT
VNDA	19. Todo el sector	UNIC				

Los sectores (9,3) (o sea  $S = 9, T = 3$ ), (10,3), (16,1), (17,1), (18,1), (18,2), y (18,3) son los *públicos*, controlados por el gobierno. Los sectores (13,3) y (14,3) se llaman *no organizados* por sus características típicas (buhoneros, limpiabotas, etcétera).

### C. Clasificación de la mano de obra

La mano de obra se clasifica según cuatro niveles de entrenamiento llamados grupos de ocupación-Símbolo: GOC o G. El significado de estos grupos puede variar según las necesidades. Una posibilidad típica es:

PROF: Profesionales y administrativos de alto nivel.

TECN: Técnicos (egresados de escuelas industriales, escuelas comerciales, etcétera).

CALF: Empleados y obreros calificados.

NCLF: Empleados y obreros no calificados.

Hay otra clasificación cruzada, en cuatro categorías:

PATRN: Patrones.

CPROP: Trabajadores por cuenta propia.

ASALR: Asalariados.

AYFAM: Ayudantes familiares.

### D. Clasificación de las deudas según sus condiciones y acreedores

Hay cuatro tipos de préstamos, según las condiciones en cuanto a sus plazos y tasas de interés-Símbolo general: CON o C.

1. DURO: condiciones duras.

2. MEDD: condiciones semi-duras.

3. MEDB: condiciones semi-blandas.

4. BLDO: condiciones blandas.

Hay tres tipos de acreedores (símbolo general, ACRD o A):

1. EXTR: exterior

2. NXBC: bancario, interno

3. NXNB: no bancario, interno

### E. Clasificación de los niveles de ingreso de las familias

Hay 4 niveles de ingreso, análogos a los que usa CEPAL.

Símbolo general: ING o Y.

1. ALTO

2. MEDA: mediano-alto

3. MEDB: mediano-bajo

4. BAJO

20. El grado de desagregación de este modelo no es todavía suficiente desde muchos puntos de vista, pero el método permite en principio llegar hasta el grado que se desee. Por ejemplo, podrían tratarse por separado todos los productos estratégicos o de características muy particulares, y hacer agregados con los demás. Los dos factores limitativos de esto son: la información y la capacidad de la computadora, pero además téngase en cuenta que el tiempo de análisis de cada experimento crece rápidamente al aumentar las variables.

PRODUCTO E INGRESO

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Producto bruto interno a precios de mercado

Más ganancia por diferencias de precios externos <sup>1</sup>

Ingreso territorial bruto a precios de mercado

Menos impuestos indirectos netos de subsidios

Menos asignaciones para el consumo de capital fijo

Ingreso territorial neto a costo de factores

Menos egresos netos por factores de producción pagados al exterior

Ingreso nacional

Remuneración del trabajo

Remuneración de la propiedad

Ahorro de las empresas

Impuestos directos sobre las empresas

Ingresos del gobierno central proveniente de sus propiedades y empresas

Aportes sociales

Aparte impuestos aduaneros

<sup>1</sup> Incluye solamente la correspondiente a la importación de bienes intermedios y todas las exportaciones.

MODELO DE PRODUCCIÓN - EXPERIMENTO 1 - CORDIPLAN - 13/5/68

PRODUCTO

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Total (en millones de BS. de 1966)

Tasa de crecimiento anual (en porcientos)

Per cápita (en BS. por habitante)

Composición sectorial (en porcientos)

Agricultura

Petróleo

Minería

Manufactura

Construcción

Electricidad

Transporte

Comercio

Servicios personales y a empresas

Educación y salud

Gobierno

Vivienda

Participación de sectores no tradicionales

en la manufactura (en porcientos)

Participación de los establecimientos grandes

en la manufactura (en porcientos)

Participación en el producto de los sectores

de subempleo urbano (en porcientos)

Participación en el producto de los sectores primitivos

(en porcientos)

MODELO DE PRODUCCIÓN - EXPERIMENTO 1 - CORDIPLAN - 13/5/68

BALANCE DE PAGOS Y DEUDA EXTERNA

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Balance en cuenta corriente (en mill. de dólares)

Coefficiente de retorno (en porcientos)

Coefficiente de carga de la deuda externa  
(servicios de la deuda sobre exportaciones, en porcientos)

Coefficiente de liquidez externa  
(reservas sobre importaciones)

Contribución neta de capital del exterior  
(ingreso de capital sobre inversión bruta fija, en porcientos)

Contribución neta en divisas del exterior  
(ingreso de divisas sobre producto bruto, en porcientos)

MODELO DE PRODUCCION - EXPERIMENTO 1 - CORDIPLAN - 13/5/68

COMERCIO EXTERIOR

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Exportaciones

Totales (en millones de BS. de 1966)  
 Tasa de crecimiento anual (en porcentos)  
 Participación de las exportaciones de petróleo en el total  
 (en porcentos)  
 Índice de precios (1966 = 1)  
 Ganancia por diferencia en los términos de intercambio

Importaciones

Totales (en millones de BS. de 1966)  
 Coeficiente de importaciones (en porcentaje)  
 Elasticidad ingreso

Composición (en porcentos)

Bienes de consumo  
 Bienes intermedios  
 Bienes de capital

# GOBIERNO

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Ingresos (en millones de BS. de 1966)

Estructura (en porcentajes sobre el total)

Impuestos indirectos

Impuestos aduaneros

Impuestos directos al capital

Impuestos directos a familias

Renta de hidrocarburos

Beneficios de empresas del gobierno

Aportes sociales

Egresos totales (en millones de BS. de 1966)

Participación de las inversiones (en porcentajes)

Participación de los gastos de desarrollo (en porcentajes)

Participación de los salarios (en porcentajes)

Carga de la deuda pública (en porcentajes)

(Servicios de la deuda sobre ingresos)

Ahorro (porcentaje de los ingresos)

## VIVIENDA

Déficit por nivel de ingreso —miles de familias—

Mediano-bajo

Bajo

# MODELO DE PRODUCCIÓN - EXPERIMENTO 1 - CORDIPLAN - 13/5/68

## OFERTA Y DEMANDA SECTORIAL

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Demanda intermedia nacional  
Total (en millones de BS. constantes)

Estructura por sectores (en porcentajes)

- Agro
- Petróleo
- Minería
- Bienes intermedios
- Electricidad
- Transporte
- Comercio
- Servicios

Discrepancia entre oferta y demanda  
(Demanda - oferta) x 100/oferta

- Agro
- Petróleo
- Minería
- Alimentación
- Textiles
- Resto de consumo
- Bienes intermedios
- Capital
- Construcción de vivienda
- Resto de la construcción
- Electricidad
- Transporte
- Comercio
- Servicios
- Esparcimiento



MODELO DE PRODUCCION - EXPERIMENTO 1 - CORDIPLAN - 13/5/68

PRODUCTIVIDAD

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Promedio (en BS. por persona ocupada)

Tasa de crecimiento anual (en porcentos)

Por grandes grupos (índice promedio = 100)

Sectores primitivos

Grandes establecimientos manufactureros

Por sectores (índice promedio = 100)

Agricultura

Petróleo

Minería

Manufactura

Construcción

Electricidad

Transporte

Comercio

Servicios personales y a empresas

Educación y salud

Gobierno

Coefficiente de discrepancia

Intersectorial de productividad

MODELO DE PRODUCCIÓN - EXPERIMENTO 1 - CORDIPLAN - 13/5/68

CAPACIDAD E INVERSIONES

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Inversión bruta interna fija  
en millones de BS. de 1966

Tasa de inversión

Composición sectorial de la inversión bruta fija  
(en porcentos)

Agricultura  
Petróleo  
Minería  
Manufactura  
Construcción  
Electricidad  
Transporte  
Comercio  
Servicios personales y a empresas  
Educación y salud  
Gobierno  
Vivienda

Capacidad ociosa por sectores  
(en porcentaje de la capacidad normal)

Petróleo  
Minería

Alimentos  
Textiles  
Resto consumo  
Intermedios  
Mecánica  
Construcción  
Electricidad

Ocupación

Total (en miles de personas)

Tasa de crecimiento anual (en porcentos)

Composición sectorial (en porcentos)

Agricultura  
Petróleo  
Minería  
Manufactura  
Construcción  
Electricidad  
Transporte  
Comercio  
Servicios personales y a empresas  
Educación y salud  
Gobierno

Sector rural (en porcentos)

Participación de la agricultura empresarial  
Participación de los asentamientos del IAN  
Participación de los campesinos

Participación de sectores no tradicionales en la manufactura  
(en porcientos)

Participación de los establecimientos grandes en la manufactura  
(en porcientos)

Participación en la ocupación de los sectores de subempleo urbano

Participación en la ocupación de los sectores primitivos (en porcientos)

Clasificación por categoría de ocupación (en porcientos)

Patrones

Trabajadores por cuenta propia

Empleados y obreros

Ayudantes familiares

Clasificación por nivel de calificación (en porcientos)

Profesionales

Técnicos

Obreros y empleados calificados

Obreros y empleados no calificados

---

EMPRESAS

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Distribución del capital

Extranjeras  
Públicas  
Privadas empresariales  
Privadas por cuenta propia

Tasa anual de crecimiento

Extranjeras  
Públicas  
Privadas empresariales  
Privadas por cuenta propia

Tasa anual de beneficios

Extranjeras  
Públicas  
Privadas empresariales  
Privadas por cuenta propia

Distribución del beneficio

Extranjeras  
Públicas  
Privadas empresariales  
Privadas por cuenta propia

SALARIOS A RESIDENTES

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Promedio (en BS. de 1966 por mes)

Estructura por grupo de ocupación  
(índice promedio = 100)

Profesionales  
Técnicos  
Empleados y obreros calificados  
Obreros no calificados

Estructura por sector  
(índice promedio = 100)

Agricultura  
Petróleo (extracción)  
Minería  
Manufactura  
Construcción  
Electricidad  
Transporte  
Comercio  
Servicios  
Salud y educación  
Gobierno

Estructura por tipo de organización  
(índice promedio = 100)

Organizados  
Poco o nada organizados

DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO PERSONAL

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Por tramo de ingreso

Salarios	Ingresos
Altos	Personas
Altos	
Medio altos	Ingresos
Medio altos	Personas
Medio bajos	Ingresos
Medio bajos	Personas
Bajos	Ingresos
Bajos	Personas
Beneficios	
Altos	Ingresos
Altos	Personas
Medio altos	Ingresos
Medio altos	Personas
Medio bajos	Ingresos
Medio bajos	Personas
Bajos	Ingresos
Bajos	Personas
Trabajo por cuenta propia	
Altos	Ingresos
Altos	Personas
Medio altos	Ingresos
Medio altos	Personas
Medio bajos	Ingresos
Medio bajos	Personas
Bajos	Ingresos
Bajos	Personas

**Por categorías**

**Antes de impuestos**

- Jubilaciones
- Salarios
- Beneficios
- Trabajo por cuenta propia
- Intereses y alquileres

**Después de impuestos**

- Ingresos
- Personas
- Ingresos

**Trabajo por cuenta propia**

- Personas
- Intereses y alquileres

**Total de distribución del ingreso personal (incluye jubilados)**  
Ver pág. siguiente

Altos  
Altos

Medio altos  
Medio altos

Medio bajos  
Medio bajos

Bajos  
Bajos

Ingresos  
Personas

Ingresos  
Personas

Ingresos  
Personas

Ingresos  
Personas

## AHORRO E INVERSIÓN

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

### Empresas

Valor de la producción

Menos egresos corrientes

A empresas

A familias

A gobierno (neto de subsidios)

A exterior

Ahorro bruto

### Familias

Ingresos corrientes

Menos egresos corrientes

A empresas

A gobierno

A exterior

Ahorro corriente

Más ahorro imputado

Ahorro total

### Exterior

Importación de bienes y servicios

Menos exportación de bienes y servicios

Ahorro del exterior

Gobierno  
Ingresos corrientes  
Menos egresos corrientes  
A familias  
A exterior  
A empresas (incluye subsidios)  
A gobierno  
Ahorro total

Ahorro bruto total (1) más (2)  
más (3) más (4)

Inversión bruta total

Inversión bruta fija  
Variación de existencias

Familias

Ingreso total (en millones de BS.  
de 1966 constantes)

Distribución por tramos de ingresos  
(en porcentajes)

Altos	Ingresos
Altos	Familias
Medio altos	Ingresos
Medio altos	Familias
Medio bajos	Ingresos
Medio bajos	Familias

Bajos Ingresos  
Bajos Familias

Consumo total (en millones de BS. de  
1966 constantes)

Total

Distribución por tramos de ingresos  
(en porcentos)

Altos  
Medio altos  
Medio bajos  
Bajos

Consumo mínimo (en millones de BS.  
de 1966 constantes)

Total

Distribución por tramos de ingresos  
(en porcentos)

Altos  
Medio altos  
Medio bajos  
Bajos

Consumo social (en millones de BS.  
de 1966 constantes)

Total

Distribución por tramos de ingresos  
(en porcentos)

Altos  
Medio altos  
Medio bajos  
Bajos

Ahorro (coeficiente sobre ingreso  
familiar)

Distribución por tramos de ingresos  
(en porcientos)

Altos  
Medio altos  
Medio bajos  
Bajos

---

FUENTES Y USOS DE FONDOS DE CAPITAL

1967 1968 1969 1970 1971 1972 1975 1985

Empresas

Fuentes totales  
Fuentes propias  
Usos totales

A familias  
A gobierno  
A exterior  
A bancos

Familias

Fuentes totales  
Fuentes propias  
Usos totales

A empresas  
A gobierno  
A bancos

Gobierno

Fuentes totales  
Fuentes propias  
Usos totales

A empresas  
A familias

A exterior  
A bancos

**Exterior**

Fuentes totales  
Fuentes propias

Balance en cta. cte.  
Diferencia por tipo cambio petróleo

**Usos totales**

A empresas  
A gobierno  
A bancos

**Bancos**

Fuentes totales  
Usos totales

A empresas  
A familias  
A gobierno  
A exterior

---

## El modelo PROD

### Advertencia sobre las fórmulas

Las fórmulas que constituyen el modelo se vuelven a usar cíclicamente cada año, pero en ellas no figura explícitamente el tiempo. Debe entenderse que la variable a la izquierda del signo igual toma el valor correspondiente al año que se está calculando, y a las variables que figuran a la derecha se les da el *último valor calculado para ellas*, que puede ser del mismo año o del anterior; con esta convención —que es la que se usa para programar—, si la misma variable aparece en los dos miembros no se puede eliminar porque se refiere a dos años diferentes:

$A = A * B$  significa que el nuevo valor de A es igual a su valor anterior multiplicado por B.

La letra Ñ antes del nombre de una variable significa siempre que se han sumado los valores de esa variable con respecto a algún subíndice. En caso de duda, el número 1, 2 o 3 que sigue a la Ñ indica cuál fue el subíndice de suma.

Así si EM(7,1,4) significa el empleo en el sector 7, técnica 1, grupo ocupacional 4, entonces Ñ2EM(7,4) es el empleo grupo 4 de todas las técnicas del sector 7, y Ñ3EM(7,1) es el empleo total del sector 7, técnica 1, etcétera.

Los subíndices van siempre entre paréntesis, y para mayor claridad usaremos los símbolos correspondientes en vez de números, Así en vez de EM(7,1,4) escribiremos EM(ITMD, GNDE, NCLF). Recuérdese que los símbolos genéricos son:

S o SEC para sector.

T o TEC para técnica.

G o GOC para grupo ocupacional.

Y o ING para nivel de ingreso.

C o CON para condiciones de los préstamos.

Una T delante de una variable indica su tasa de crecimiento anual.

Consultar el diccionario final para los demás símbolos. Todos los coeficientes, tasas y demás datos exógenos varían en el tiempo, dándose sus estimaciones para ciertos años e interpolándose linealmente para los demás. Por ejemplo, puede darse como dato que la tasa de crecimiento del producto agrícola fue de 6% en 1966, y será 8% en 1970 y 7% en 1980, etcétera. El modelo utilizará entonces  $6 + \frac{8-6}{4} = 6.5$  en 1967, etcétera.

## A. PRODUCTO

$\underline{QP}(S,T)$  es el volumen de producto del sector S, técnica T.

$\bar{N}2QP(S)$  es el volumen de producto total del sector S.

En la mayor parte de los sectores se calcula primero el producto total  $\bar{N}2QP$  mediante una tasa de crecimiento exógena, y luego se le distribuye por técnicas mediante coeficientes de estructura técnica, también exógenos:

$$(1) \quad \bar{N}2QP(S) = \bar{N}2QP(S) * [1 + T\bar{N}2QP(S)]$$

$$(2) \quad \underline{QP}(S,T) = CQP(S,T) * \bar{N}2QP(S)$$

para  $S = 1,3, \dots, 11, 15$  y sus técnicas correspondientes.

En el sector  $2 = \text{PETR}$ , la extracción se hace crecer por tasa exógena y la refinación se hace depender de la extracción a través de un doble efecto:  $\text{CRNPC} =$  parte del petróleo crudo que se refina en el país y  $\text{CPRFC} =$  coeficiente de transformación del producto de crudo en refinado.

$$(3) \underline{QP}(\text{PETR}, \text{EXTR}) = \underline{QP}(\text{PETR}, \text{EXTR}) * (1 + T\underline{QPEXT})$$

$$(4) \underline{QP}(\text{PETR}, \text{REFN}) = \text{CPRFC} * \text{CRNPC} * \underline{QP}(\text{PETR}, \text{EXTR}).$$

En el sector  $12 = \text{TRSP}$ , el producto de las técnicas  $\text{PASJ}$  y  $\text{COMU}$  crece dando su elasticidad con respecto al  $\text{PBI}$ .

$$(5) \underline{QP}(\text{TRSP}, \text{PASJ}) = \underline{QP}(\text{TRSP}, \text{PASJ}) * (1 + \text{ETRP} * \text{TPBI})$$

$$(6) \quad \underline{QP}(\text{TRSP}, \text{COMU}) = \underline{QP}(\text{TRSP}, \text{COMU}) * \\ * (1 + \text{ETCOM} * \text{TPBI}).$$

Para carga y almacenaje se supone, en cambio, que su producto es proporcional al producto de todos los sectores productores de bienes (el efecto producción/producto se supone incluido en el coeficiente  $\text{CQPTRC}$ )

$$(7) \quad \underline{QP}(\text{TRSP}, \text{CARG}) = \text{CQPTRC} * \sum_{s=1}^8 \bar{N}2QP(S).$$

En el sector  $13 =$  comercio, el producto de las técnicas organizadas —las dos primeras— se supone proporcional al volumen de bienes comercializables, que son los de los sectores 1 a 9, excluidas las exportaciones e incluyendo las importaciones. (Para homogeneizar unidades se multiplican las exportaciones por los coeficientes producto/producción  $\text{CPP}$ .)

Sólo vale la pena deducir las exportaciones de petróleo (crudo y refinado) y minería.

$$A = \sum_{s=1}^9 \bar{N}2QP(S) + QM * (1+TQM) - CPP(2,1) * X - \\ - CPP(2,2) * QXPR - CPP(3,1) * QX(3) \\ (8) QP(CMCO,T) = CQP(CMCO,T) * CQPCOM * A$$

para  $T = GNMD$  y  $PEQ\bar{N}$ .

Nótese que para evitar simultaneidades se utiliza una estimación aproximada de las importaciones: su valor anterior  $QM$  incrementado a su última tasa de crecimiento  $TQM$ .

Para la técnica 3 de comercio —compuesto por vendedores ambulantes y otros comerciantes por cuenta propia sin capital apreciable— el producto se calcula asignándoles un ingreso medio *per caput*  $YCVA$  y multiplicándolo por el número de personas empleadas (que se calcula antes en la secuencia verdadera de cómputo)

$$(9) QP(CMCO, BUHO) = YCVA * \bar{N}3EMB(CMCO, BUHO).$$

$YCVA$  se define con respecto al salario más bajo del comercio pequeño (la técnica 3 no tiene salarios)

$$(10) YCVA = CYCVA * WAG(CMCO, PEQ\bar{N}, NCLF).$$

Los servicios organizados (técnicas 1,2 del sector 14) se hacen crecer a una tasa exógena global y se distribuyen a coeficiente:

$$(11) QPSORG = QPSORG * (1+TQPSRG)$$

$$(12) QP(SERV,T) = CQP(SERV,T) * QPSORG$$

para  $T = GNMD$  y  $PEQ\bar{N}$ .

El producto de la técnica no organizado de este sector se determina por medio del empleo. Las personas ocupadas en esta actividad son asalariados o trabajadores por cuenta propia. Los asalariados son básicamente servicio doméstico —grupos ocupacionales 4, 3, tal vez 2 en el futuro— cuyo número se calcula en este modelo y cuyo salario se da exógenamente. Sus ingresos, más los aportes sociales constituyen su aporte al producto  $\bar{N}3YS$ :

$$(13) \quad \bar{N}3YS(14,3) = \left[ \sum_{G=2}^4 EMS(14,3,G) * WAG(14,3,G) \right] * (1+TAS(14,3)).$$

A los trabajadores por cuenta propia —limpiabotas y otros oficios callejeros en número  $\bar{N}3EMB(14,3)$ , calculado en el modelo—, se les asigna un ingreso medio  $YCOC$ , por comparación con el salario más bajo:

$$(14) \quad YCOC = CYCOC * WAG(14,3,4).$$

El producto es entonces

$$(15) \quad QP(SERV,3) = \bar{N}3YS(14,3) + YCOC * \bar{N}3EMB(14,3).$$

En los servicios públicos —sector 18 y las “técnicas” 1 de los sectores 16 y 17— el producto se calcula por los gastos totales en sueldos y salarios (incluso aportes sociales), según las convenciones usuales. Los salarios nacionales se calculan como en la ecuación 13 y a eso se agregan los sueldos pagados a extranjeros, que se calculan a su vez como proporcionales a los sueldos de los profesionales nacionales:

$$(16) \quad SALX(S,T) = CSEOS(S) * EMS(S,T,1) * WAG(S,T,1)$$

para  $SALD-PUBL$ ,  $EDUC-PUBL$  y las 3 técnicas de  $GBNO$

$$(17) \quad SALN(S,T) = \left[ \sum_{G=1}^4 EMS(S,T,G) * WAG(S,T,G) \right] * [1+TAS(S,T)]$$

para  $S = 16,17,18$  y todas sus técnicas

$$(18) \quad \bar{N}3YS(S,T) = SALX(S,T) + SALN(S,T)$$

$\bar{N}3YS$  es el total pagado en sueldos, salarios y aportes. En las “técnicas” privadas de salud y educación hemos supuesto  $SALX=0$  —

$$(19) \quad QP(S,T) = \bar{N}3YS(S,T)$$

para  $SALD-PUBL$ ,  $EDUC-PUBL$  y las tres técnicas de  $GBNO$ .

Para los subsectores privados de 16 y 17 es necesario agregar el beneficio obtenido por patrones y trabajadores por cuenta propia.

Este se calcula mediante una tasa de beneficio bruto CBB sobre el monto de salarios, esto es, una cierta distribución factorial del producto bruto, modificable en el tiempo como siempre:

$$(20) \quad QP(S,PVDA) = \tilde{N}3YS(S,PVDA) * [1+CBB(S)]$$

para S = SALD y EDUC.

En el sector propiedad de vivienda, el producto se calcula dando una tasa de alquileres CALQ (reales o imputados) sobre el capital total, que se calcula en el modelo.

$$(21) \quad QP(VNDA,1) = CALQ * KPVIV.$$

Calculados los productos por sector y técnica, los totales sectoriales se obtienen por suma:

$$(22) \quad \tilde{N}2QP(S) = \sum_T QP(S,T)$$

para S = 2, 12, 13, 14, 16, 17 y 18 y la suma es sobre todas las técnicas de cada uno de estos sectores.

Ahora puede calcularse el producto bruto interno como suma sobre todos los sectores:

$$(23) \quad PBI = \sum_{S=1}^{19} \tilde{N}2QP(S)$$

y su tasa de crecimiento:

$$(24) \quad TPBI = (PBI-PBIA)/PBIA$$

donde la letra A después del nombre de una variable indica que se trata de su valor en el año anterior.

Dando la población total P (que se calcula en otro modelo), se obtiene el producto *per caput*:

$$(25) \quad PBIC = PBI/POBLA.$$

La estructura porcentual del producto por sectores es:

$$(26) \quad EQ(S) = \tilde{N}2QP(S)/PBI \quad S = 1, \dots, 19.$$

Aunque habitualmente no se imprimen así, sino agrupando los sectores en la forma usual: 4, 5, 6, 7 y 8 en industria manufactu-

rá; 9 y 10 construcciones, 14 y 15 en servicios, 16 y 17 van juntas también.

Otros índices de producción que se editan son:

Participación de los establecimientos grandes en la manufactura:

$$(27) \quad C_{ORM} = \sum_{S=4}^8 QP(S,GNDE) / \sum_{S=4}^8 \bar{N}ZQP(S).$$

Participación de sectores no tradicionales en la manufactura:

$$(28) \quad C_{OMB} = [\bar{N}ZQP(ITMD) + \bar{N}ZQP(KPTL)] / \sum_{S=4}^8 \bar{N}ZQP(S).$$

Participación de los sectores de subempleo urbano en el producto.

$$(29) \quad C_{SBEM} = [QP(CMCO,BUHO) + QP(SERV,NORG)] / PBI.$$

Participación de los sectores primitivos en el producto

$$(30) \quad C_{ATR} = C_{SBEM} + \sum_S QP(S,3)/PBI$$

donde la suma es para  $S = 1,4,5,6,7,8$ .

## B. PRODUCTIVIDAD

La productividad de la mano de obra, en cada sector y técnica, se obtiene a partir de la inicial por medio de tasas anuales de crecimiento con excepción de los sectores en los que el cálculo de empleo se hace directamente (educación, salud, servicios de gobierno y sectores no organizados del comercio y de los servicios personales). En estos últimos sectores la productividad de la mano de obra sólo se calcula *a posteriori* una vez determinado el empleo.

Existiendo cuatro niveles de calificación de la mano de obra, habrá una productividad diferente para cada uno de ellos, y ese fue el criterio que se siguió en la primera versión de este modelo. Pero se vio que la falta no sólo de datos sino de familiaridad con esa desagregación hacía difícil conseguir tasas de crecimiento independientes que luego dieran una distribución razonable del empleo total (en cada sector y técnica) por calificación.

En esta versión entonces se decidió usar una sola productividad (por sector y técnica), referente al empleo total, sin distinción de categorías ni grupos de ocupación, con la sola excepción de

que no incluyen a los ayudantes familiares, y desagregar luego por grupo.

Así pues,  $PRV(S,T)$  indica la productividad media del empleo total (producto dividido por el empleo total) de la técnica  $T$  del sector  $S$ . Su tasa de crecimiento  $TPRV(S,T)$  es dato para los casos que se indican a continuación:

$$(31) \quad PRV(S,T) = PRV(S,T) * [1 + TPRV(S,T)]$$

para  $S = 1, \dots, 15$  y sus técnicas correspondientes, salvo BUHO para  $S = 13$  y NORG para  $S = 14$ .

Para esas técnicas y las de los sectores 16, 17 y 18 la productividad se calcula al final del programa.

En el caso del sector campesino, tanto los asentados (técnica 2 del sector agropecuario) como los no asentados (técnica 3 del sector agropecuario), el número de ayudantes familiares es importante dentro de la fuerza de trabajo, pero su ocupación está más bien asociada a las dificultades de encontrar un empleo adecuadamente remunerado y estable en otras actividades, que a la necesidad de mano de obra del sector campesino. A raíz de esta circunstancia sólo se determina una productividad de la mano de obra remunerada para el total de la mano de obra aplicando su definición:

$$(32) \quad PRV(S,T) = QP(S,T) / \bar{N}EM(S,T).$$

### C. EMPLEO

El empleo se determina por separado para cada técnica de cada sector, subdividido por los 4 grupos de ocupación (niveles de entrenamiento: profesional, técnico, calificado y no calificado, por las 4 categorías: patrones, cuenta propia, asalariados y ayudantes familiares).

1. *Empleo total.* En la mayor parte de los sectores y técnicas, el empleo total se calcula como cociente entre el producto y la productividad de la mano de obra correspondientes.

Para SALD, EDUC, GBNO el empleo total se determina dando directamente su valor inicial y su tasa de crecimiento anual (variable, como siempre).

El número de buhoneros y afines se hace depender de la desocupación urbana, así como el de trabajadores por cuenta propia en la técnica no organizada de servicios.

Para el empleo total de esta última técnica se añade el servicio doméstico, que crece según una elasticidad-producto dada.

$$(33) \quad \tilde{N}3EM(S,T) = QP(S,T)/PRV(S,T)$$

para  $S = 1, \dots, 15 \dots$ ,  $T =$  todas salvo BUHO de 13, NORG de 14 (esto no incluye los ayudantes familiares, despreciables salvo en agricultura).

$$(34) \quad \tilde{N}3EM(S,T) = \tilde{N}3EM(S,T) * [1 + T\tilde{N}3EM(S,T)]$$

para  $S = 16, 17$  y  $18$  con todas sus técnicas.

$$(35) \quad \tilde{N}3EM(13,BUHO) = CRDESU(13) * (DESU \vee 0)$$

siendo DESU la desocupación urbana y se toma el máximo entre su valor y cero para atender al posible caso de desocupación negativa.

$$(36) \quad \tilde{N}3EM(14,NORG) = \tilde{N}3EMS(14,NORG) + \\ + \tilde{N}3EMB(14,NORG)$$

donde los asalariados,  $\tilde{N}3EMS$  y cuenta propia,  $\tilde{N}3EMB$ , se determinan más abajo.

En el sector propiedad de vivienda no hay empleo. El empleo total en cada sector,  $\tilde{N}23EM$ , se obtiene sumando los anteriores para todas las técnicas del sector:

$$(37) \quad \tilde{N}23EM(S) = \sum_T \tilde{N}3EM(S,T).$$

2. *Patrones y trabajadores por cuenta propia.* Para la mayoría de los  $S$  y  $T$  el número de patrones y cuenta propia se determina a partir del empleo total de la siguiente manera:

Se calcula el número de establecimientos, dando el promedio de empleados por establecimiento,  $CEME(S,T)$ .

Se calcula cuántos de estos establecimientos tienen dueños residentes en el país, aplicando el coeficiente  $CKEP(S,T)$  que da la parte privada nacional del capital total de ese sector y técnica.

Se calcula el número de patrones multiplicando esto por el número medio de patrones por establecimiento,  $CEMBE(S,T)$ . En resumen:

$$(38) \quad \tilde{N}3EMB(S,T) = CEMBE(S,T) * CKEP(S,T) * \\ * \tilde{N}3EM(S,T)/CEME(S,T)$$

para  $S = 1, \dots, 17$  y  $T =$  todas, salvo BUHO de 13, NORG de 14, AYPR de 9, NMEC de 10 y PUBL de 16, 17.

En los sectores de construcción, técnicas AYPR y NMEC no hay patrones (la primera consiste en la construcción de la vivienda propia, con asesoramiento del gobierno y otras entidades sin lucro, y la segunda es principalmente reparación de obras públicas, a cargo del gobierno).

$$(39) \quad \bar{N}3EMB(9,AYPR) = \bar{N}3EMB(10,NMEC) = 0.$$

En el comercio no organizado (técnica BUHO) todos son trabajadores por cuenta propia.

$$(40) \quad \bar{N}3EMB(13,BUHO) = \bar{N}3EM(13,BUHO).$$

En los servicios no organizados, los trabajadores por cuenta propia se obtienen como los buhoneros (ecuación 35):

$$(41) \quad \bar{N}3EMB(14,RG) = CRDESU(14) * (DESU \sqrt{0}).$$

En las técnicas PUBL de salud y educación y en el sector gobierno, por supuesto no hay patrones.

$$(42) \quad \bar{N}3EMB(16,PUBL) = \bar{N}3EMB(17,PUBL) = \\ = \bar{N}3EMB(18,T) = 0$$

para  $T = 1, 2, 3$ .

En las ecuaciones 40 y 35 se usa un valor provisional para DESU calculado así:

$$(43) \quad DESU = PAU - \sum_{S,T} \bar{N}3EM(S,T)$$

donde la sumatoria es sobre todos los sectores salvo agricultura, y todas las técnicas salvo BUHO de 13 y NORG de 14.

PAU es la población activa urbana, dato.

3. *Asalariados*. Se obtienen por diferencia entre el empleo total (sin ayudantes familiares) y los patrones y cuenta propia:

$$(44) \quad \bar{N}3EMS(S,T) = \bar{N}3EM(S,T) - \bar{N}3EMB(S,T)$$

para todos los sectores y técnicas, con la excepción de que en la

construcción de vivienda por ayuda propia hay que descontar los dueños de esas viviendas, EMAY P, que se calculan más abajo:

$$(45) \quad \tilde{N}3EMS(9,AYPR) = \tilde{N}3EMS(9,AYPR) - EMAYP$$

$$(46) \quad \tilde{N}3EM(9,AYPR) = \tilde{N}3EMS(9,AYPR).$$

Los asalariados del servicio doméstico se calculan como dijimos, con una elasticidad-producto exógena ESD:

$$(47) \quad \tilde{N}3EMS(14,NORG) = \tilde{N}3EMS(14,NORG) * \\ * (1 + ESD * TPBI)$$

y este valor se usa en el cálculo precedente de  $\tilde{N}3EM$ .

4. *Ayudantes familiares*. Sólo se calculan en la agricultura, pues en los demás sectores su número es despreciable. Los hay en la técnica ASNT y CNUC.

En los asentamientos se calculan como proporcionales al número de trabajadores por cuenta propia:

$$(48) \quad \tilde{N}3EMA(1,ASNT) = CEMA(1,ASNT) * \\ * \tilde{N}3EMB(1,ASNT)$$

y esto se agrega al empleo total para dar su valor definitivo:

$$(49) \quad \tilde{N}3EM(1,ASNT) = \tilde{N}3EM(1,ASNT) + \\ + \tilde{N}3EMA(1,ASNT).$$

Para los "conuqueros" los ayudantes familiares son en parte proporcionales a los trabajadores por cuenta propia y en parte dependen del desempleo rural previsto PDESR, que debe calcularse primero:

$$(50) \quad PDESR = PAR - \sum_{T=1}^3 \tilde{N}3EM(1,T)$$

donde PAR es la población activa rural, dato.

$$(51) \quad \tilde{N}3EMA(1,CNUC) = CEMA(1,CNUC) *$$

$$* \tilde{N}3EMB(1,CNUC) + CDEMA * (PDES- \\ -CEMA(1,CNUC) * \tilde{N}3EMB(1,CNUC) \sqrt{0}$$

El primer sumando da los ayudantes familiares realmente necesarios y el segundo es un "colchón" para la desocupación rural, que no debe actuar cuando es negativo.

Se los agrega al empleo total:

$$(52) \quad \tilde{N}3EM(1,CNUC) = \tilde{N}3EM(1,CNUC) + \\ + \tilde{N}3EMA(1,CNUC)$$

5. *Distribución por categorías.* El número total de asalariados se obtiene sumando sectores y técnicas.

$$(53) \quad EASALR = \sum_{S,T} \tilde{N}3EMS(S,T)$$

para todos los S,T.

Los ayudantes familiares provienen sólo de agricultura:

$$(54) \quad EAYFAM = \tilde{N}3EMA(1,ASNT) + \\ + \tilde{N}3EMA(1,CNUC)$$

Los patrones y trabajadores por cuenta propia se obtienen de manera aproximada, adjudicando los  $\tilde{N}3EMB$  a una u otra categoría según el sector y técnica, aunque en realidad casi siempre hay de ambas a la vez.

$$(55) \quad EPATR\dot{N} = \sum_{S=1}^{15} \tilde{N}3EMB(S,1) + \sum_{S=2,16,17} \tilde{N}3EMB(S,2) + \\ + \tilde{N}3EMB(12,COMU)$$

o sea, todas las técnicas "grandes", salvo las públicas, más refinería de petróleo, salud y educación privadas y comunicaciones.

$$(56) \quad ECPROP = \sum_{S=} \tilde{N}3EMB(S,2) + \sum_{S=} \tilde{N}3EMB(S,3)$$

donde la primera suma es sobre las técnicas 2 de los sectores 1, 12, 13, 14 y 15 y la segunda sobre las técnicas 3 de los sectores 1, 4, 5, 6, 7, 8, 13 y 14.

6. *Distribución por grupos de ocupación.* El número de trabajadores de cada nivel de entrenamiento se obtiene repartiendo el total mediante coeficientes exógenos (variables en el tiempo). Esto parece ser preferible al método de dar las productividades por grupo, como se hacía en la versión anterior.

Esta estructura por calificación se da por separado para patrones, cuenta propia, asalariados y ayudantes familiares y para los asalariados se da independientemente para cada sector y técnica.

Asalariados:

$$(57) \quad EMS(S,T,G) = CSGOC(S,T,G) * \bar{N}3EMS(S,T)$$

donde G representa los grupos ocupacionales PROF, TECN, CALF y NCLF, y S y T recorren todos los sectores y técnicas, salvo BUHO de 13 (no tiene asalariados).

Los CSGOC(S,T,G) suman 1 sobre G para cada S,T.

Deben usarse los  $\bar{N}3EMS$  de las ecuaciones 44 y 47; no el de 45.

En la construcción de vivienda por ayuda propia se supone que los dueños de vivienda forman el grupo no calificado:

$$(58) \quad EMAYP = EMS(9,AYPR,NCAL)$$

y este valor es el que usa en 45, dejándose en cero el EMS(9,AYPR,NCAL).

El total de asalariados de cada grupo es:

$$(59) \quad \bar{N}12EMS(G) = \sum_{S,T} EMS(S,T,G)$$

sumando sobre todos los sectores y técnicas.

El número total de trabajadores para cada grupo de ocupación es:

$$(60) \quad \bar{N}12EM(G) = \bar{N}12EMS(G) + CPTGOC(G) * \\ *EPATRN + CCPGOC(G) * ECPROP$$

donde los coeficientes CPTGOC y CCPGOC dan la estructura de patrones y trabajadores por cuenta propia con respecto a la calificación. Al grupo más bajo se le agregan además todos los ayudantes familiares.

$$(61) \quad \bar{N}12EM(NCAL) = \bar{N}12EM(NCAL) + \\ + EAYFAM$$

Ahora pueden calcularse:

el empleo urbano:

$$(62) \quad EMU = \sum_{S=2}^{18} \tilde{N}23EM(S)$$

el empleo rural:

$$(63) \quad EMR = \tilde{N}23EM(1)$$

y el total:

$$(64) \quad EMT = EMR + EMU$$

las desocupaciones rural, urbana y total:

$$(65) \quad DESU = PAU - EMU$$

$$DESR = PAR - EMR$$

$$DES = PAU + PAR - EMT$$

y los coeficientes respectivos con respecto a la población activa:

$$(66) \quad CDESR = DESR/PAR$$

$$CDESU = DESU/PAU$$

$$CDES = DES/(PAR + PAU)$$

La estructura sectorial de la ocupación se da según las mismas agrupaciones sectoriales que el producto:

$$(67) \quad EE(1) = \tilde{N}23EM(AGRO)/EMT$$

$$EE(2) = \tilde{N}23EM(PETR)/EMT$$

$$EE(3) = \tilde{N}23EM(MINR)/EMT$$

$$EE(4) = \sum_{S=4}^8 \tilde{N}23EM(S)/EMT$$

$$EE(5) = [\tilde{N}23EM(CTRV) + \tilde{N}23EMCCTRP]/EMT$$

$$EE(6) = \tilde{N}23EM(ÉLEC)/EMT$$

$$\begin{aligned}
EE(7) &= \bar{N}23EM(TRSP)/EMT \\
EE(8) &= \bar{N}23EM(CMCO)/EMT \\
EE(9) &= [\bar{N}23EM(SERV) + \bar{N}23EM(ESPT)]/EMT \\
EE(10) &= [\bar{N}23EM(SALD) + \bar{N}23EM(EDUC)]/EMT \\
EE(11) &= \bar{N}23EM(GBNO)/EMT
\end{aligned}$$

Para la agricultura se calcula la estructura ocupacional por técnicas:

$$\begin{aligned}
(68) \quad CECR &= \bar{N}3EM(1,EMPR)/\bar{N}23EM(1) \\
CEIAN &= \bar{N}3EM(1,ASNT)/\bar{N}23EM(1) \\
CECAM &= \bar{N}3EM(1,CNUC)/\bar{N}23EM(1)
\end{aligned}$$

En el conjunto de sectores manufactureros se calcula: el porcentaje de empleo en la gran industria:

$$(69) \quad CEGRM = \frac{\sum_{S=4}^8 \bar{N}3EM(S,GNDE)}{\sum_{S=4}^8 \bar{N}23EM(S)}$$

y en los sectores no tradicionales:

$$(70) \quad CEMB = \frac{[\bar{N}23EM(ITMD) + \bar{N}23EM(KPTL)]}{\sum_{S=4}^8 \bar{N}23EM(S)}.$$

Por último se calcula el porcentaje del empleo total correspondiente a comercio y servicios no organizados.

$$(1L) \quad CESBEM = \frac{[\bar{N}3EM(13,BUHO) + \bar{N}3EM(14,NORG)]}{EMT}$$

y el de todas las técnicas atrasadas de la economía:

$$(72) \quad CEATR = CESBEM + \sum_S \bar{N}3EM(S,3)/EMT$$

donde se suma para  $S = 1,4,5,6,7$  y  $8$  (técnicas campesinas y artesanal).

#### D. INVERSIONES Y CAPACIDAD

En la mayor parte de los sectores y técnicas se ha supuesto que las inversiones, en cada periodo, dependen del aumento del producto y de la existencia de capacidad ociosa. De no existir capacidad ociosa, las inversiones son iguales al aumento del producto multiplicado por el coeficiente de capital-producto correspondiente. En caso contrario, parte del aumento de producto se puede obtener aumentando el uso de la capacidad ya instalada sin necesidad de llevar a cabo nuevas instalaciones; la medida en que se lleva a cabo este incremento de utilización de la capacidad ociosa —dada por el coeficiente de aprovechamiento de esa capacidad ociosa  $CAPR(S,T)$ — constituye un aumento de producto que no requiere nuevas inversiones. Para poder comparar capacidad con producto —dado que aquélla se mide usualmente en términos de producción— se le convierte multiplicándola por un coeficiente de producto-producción.

A esto debe sumarse la reposición de la capacidad desgastada, dado un tiempo de desgaste medio  $TDES$  para cada sector y técnica.

La fórmula completa para la inversión bruta fija es pues:

$$(75) \quad IBF(S,T) = CP(S,T) * [QP(S,T) * T\dot{N}ZQP(S) - CAPR(S,T) * \\ [CPP(S,T) * QK(S,T) - QP(S,T)] + CPP(S,T) * \\ * QK(S,T) / TDES(S,T)]$$

para  $S = 1, 4$  a  $10, 13, 14$  y  $15$  y las técnicas correspondientes, salvo  $CNUC$  para  $S = 1$ ,  $BUHO$  para  $S = 13$ , y  $NORG$  para  $S = 14$ , cuyas inversiones se suponen *nulas*.

$CP$  es el coeficiente capital/producto,  $QP * T\dot{N}ZQP$  es una estimación aproximada del incremento de producto esperado,  $*QK$  es la capacidad, medida en producción y  $CPP$  el coeficiente producto/producción.

En el sector 13 la estimación del incremento de producto se hace tomando el incremento anterior.

Si  $IBF$  resulta negativo se lo hace cero.

En diversos otros sectores se supone que las inversiones dependen más de decisiones de política general que de los factores incluidos en 75, y para ellos se da una simple tasa exógena de crecimiento:

$$(76) \quad IBF(S,T) = IBF(S,T) * [1 + TIBF(S,T)]$$

para PETR, MINR, SALD, EDUC y GBNO en todas sus técnicas y COMU del sector 12.

Para las dos primeras técnicas del sector 12: CARG y PASJ, se calcula eliminar separadamente las inversiones en equipos, y al total del sector se suman las inversiones públicas en carreteras y otros. Esto se hace más abajo.

Las inversiones en propiedad de vivienda son iguales a la producción (no el producto) del sector construcción habitacional, descontadas las inversiones públicas en urbanización y otros:

$$(77) \quad \text{IBF}(19,1) = \left[ \sum_{T=1}^3 \text{QP}(9,T) / \text{CPP}(9,T) * (1 - \text{CURB}) \right]$$

Hasta aquí se ha supuesto que el tiempo de gestación de las inversiones no es mayor que un año. Esta hipótesis no es admisible en el sector electricidad, en el que supondremos más bien que —en promedio— la inversión que se inicia durante el periodo N entra a producir durante el periodo N+5 y que de toda capacidad que se está gestando, los costos se distribuyen homogéneamente durante los 5 años de gestación.

Así pues, si QKG es la capacidad en gestación, debe hacerse una inversión de:

$$(78) \quad \text{IBF}(\text{ELEC},1) = \text{CP}(11,1) * \text{CPP}(11,1) * \text{QKG} / 5.$$

La capacidad en gestación cada año es la del año anterior menos la que terminó de gestarse, más la que comienza a gestarse.

$$(79) \quad \text{QKG} = \text{QKG} + \text{QKGI} - \text{QKGF}.$$

La que termina de gestarse, QKGF, es la que se inició 5 periodos atrás:

$$(80) \quad \text{QKGF}(N) = \text{QKGI}(N-5).$$

La que se inicia, QKGI, obedece a tres motivos: la renovación de la capacidad desgastada, RENOVA; un mínimo crecimiento, QKGIM, dado por una tasa exógena y un crecimiento debido a proyectos especiales (como grandes represas) QKGIE, dado exógenamente.

$$(81) \quad \text{QKGI} = \text{RENOVA} + \text{QKGIM} + \text{QKGIE}$$

$$(82) \quad \text{QKGIM} = \text{QKGIM} * (1 + T, \text{QKGIM}).$$

Para calcular la renovación se hace el siguiente razonamiento. La capacidad RENO<sub>V</sub>, iniciada en el año N va a sumarse a la capacidad del año N+5: QK(N+5) suprimimos por el momento los índices de S y T. Entonces, llamando H= 1-1/TDES(ELEC,1) se tiene

$$QK(N+5) = QK(N+4) * H + QKGI(N)$$

y que análogamente

$$QK(N+4) = QK(N+3) * H + QKGI(N-1)$$

$$QK(N+1) = QK(N) * H + QKGI(N-4)$$

y reemplazando de abajo hacia arriba:

$$QK(N+5) = QK(N) * H^5 + QKGI(N-4) * H^4 + QKGI(N-3) * H^3 + QKGI(N-2) * H^2 + QKGI(N-1) * H + QKGI(N).$$

Por definición de renovación, si en QKGI(N) no se hacen más inversiones que RENO<sub>V</sub>, entonces QK(N+5) = QK(N).

Haciendo ambas sustituciones y despejando RENO<sub>V</sub> se obtiene la fórmula deseada:

$$(83) \quad RENO(N) = QK(N) * (1 - H^5) - \sum_{j=1}^4 QKGI(N-j) * H^j.$$

*Inversiones administrativas.* En algunos sectores el gobierno hace inversiones de infraestructura que no pueden asimilarse a las inversiones productivas usuales, privadas o públicas, ni por su función ni por la manera de determinarse. Las calculamos aparte, por tasa exógena, para agricultura (riego, etcétera) y transportes (carreteras, etcétera), y como proporcionales a la construcción en vivienda (servicios de urbanización).

$$(84) \quad IBAGRO = IBAGRO * (1 + TIBGRO)$$

$$(85) \quad IBATRS = IBATRS * (1 + TOPTRS)$$

$$(86) \quad IBAVDA = CURB * \sum_{T=1}^8 QP(9,T) / CPP(9,T)$$

*Equipo y construcción.* La separación del gasto IBF en equipos y construcción se hace mediante un coeficiente de reparto exógeno, salvo para transporte de carga y pasajeros.

$$(87) \quad \text{IBC}(S,T) = \text{CPC}(S,T) * \text{IBF}(S,T)$$

$$(88) \quad \text{IBE}(S,T) = \text{IBF}(S,T) - \text{IBC}(S,T)$$

para todos los S,T salvo CNUC de 1, BHUO de 13, NORG de 14 (que no tienen inversiones) y CARG y PASJ de 12, que se calculan de inmediato.

En transporte de carga y pasajeros despreciamos las inversiones en construcción, y las de equipo se calculan como satisfaciendo al incremento de producto observado:

$$(89) \text{IBE}(\text{TRSP},T) = \text{CPBE}(T) * [\text{QP}(\text{TRSP},T) - \text{QPA}(\text{TRSP},T)]$$

para T = CARG y PASJ  
con  $\text{IBC}(\text{TRSP},T) = 0$ .

*Inversiones por sector.* Para calcular las inversiones por sector se suman las de sus técnicas y las administrativas correspondientes:

$$(90) \quad \tilde{\text{N}}2\text{IBF}(S) = \sum_T \text{IBF}(S,T)$$

$$(90A) \quad \tilde{\text{N}}2\text{IBF}(\text{AGRO}) = \tilde{\text{N}}2\text{IBF}(\text{AGRO}) + \text{IBAGRO}$$

$$(90B) \quad \tilde{\text{N}}2\text{IBF}(\text{TRSP}) = \tilde{\text{N}}2\text{IBF}(\text{TRSP}) + \text{IBATRS}$$

$$(90C) \quad \tilde{\text{N}}2\text{IBF}(\text{VNDA}) = \tilde{\text{N}}2\text{IBF}(\text{VNDA}) + \text{IBAVDA}.$$

La inversión total es:

$$(91) \quad \text{IBIF} = \sum_S \tilde{\text{N}}2\text{IBF}(S).$$

#### CAPACIDAD

La capacidad de producción se hace depender no sólo del desgaste y las nuevas inversiones, sino de la intensidad con que se la utiliza, mediante un coeficiente de "turnos de trabajo", CTURN, que vale 1 para utilización normal.

$$(92) \text{QK}(S,T) = \text{CTURN}(S,T) * [\text{QK}(S,T)] * [1 - 1/\text{TDES}(S,T)] + \\ + \text{IBF}(S,T) / [\text{CP}(S,T) * \text{CPP}(S,T)]$$

para electricidad, el último término se reemplaza simplemente por QKGF, que ya está dado en unidades de capacidad de producción, a diferencia de IBF.

No se lleva la cuenta de capacidad para transporte, educación ni gobierno.

Para propiedad de vivienda se lleva la cuenta del capital, que se necesita para calcular el producto:

$$(93) \quad KPVIV = KPVIV*[1-1/TDES(19,1)]+IBF(19,1).$$

*Índices de inversión.* Se imprimen los siguientes índices.

Estructura sectorial de la inversión, según los grupos usuales:

$$(94) \quad EIB(1) = \tilde{N}2IBF(AGRO)/IBIF$$

$$EIB(2) = \tilde{N}2IBF(PETR)/IBIF$$

$$EIB(3) = \tilde{N}2IBF(MINR)/IBIF$$

$$EIB(4) = \sum_{S=4}^8 \tilde{N}2IBF(S)/IBIF$$

$$EIB(5) = [\tilde{N}2IBF(CTRV)+\tilde{N}2IBF(CTRP)]/IBIF$$

$$EIB(6) = \tilde{N}2IBF(ELEC)/IBIF$$

$$EIB(7) = \tilde{N}2IBF(TRSP)/IBIF$$

$$EIB(8) = \tilde{N}2IBF(CMCO)/IBIF$$

$$EIB(9) = [\tilde{N}2IBF(SERV)+\tilde{N}2IBF(ESPT)]/IBIF$$

$$EIB(10) = [\tilde{N}2IBF(SALD)+\tilde{N}2IBF(EDUC)]/IBIF$$

$$EIB(11) = \tilde{N}2IBF(GBNO)/IBIF$$

#### CAPACIDAD OCIOSA

Se calcula la capacidad ociosa de los sectores para los cuales este concepto tiene un significado útil.

Llamaremos

$$R(S,T) = CPP(S,T)*QKA(S,T)$$

(como siempre, QKA es el valor anterior de QK, que es la capacidad verdadera durante el año en curso)

$$(95) \quad \text{CAPOC}(1) = [\text{R}(2,1) + \text{R}(2,2) - \tilde{\text{N}}2\text{QP}(2)] /$$

$$/[\text{R}(2,1) + \text{R}(2,2)]$$

$$\text{CAPOC}(2) = [\text{R}(3,1) - \tilde{\text{N}}2\text{QP}(3) / \text{R}(3,1)]$$

$$\text{CAPOC}(S-1) = \left[ \sum_{T=1}^3 \text{R}(S,T) - \tilde{\text{N}}2\text{QP}(S) \right] / \sum_{T=1}^3 \text{R}(S,T)$$

para los sectores  $S = 4, 5, 6, 7$  y  $8$

$$\text{CAPOC}(8) = \left[ \sum_{\substack{T=1,2 \\ S=9,10}} \text{R}(S,T) - \tilde{\text{N}}2\text{QP}(9) - \tilde{\text{N}}2\text{QP}(10) \right] / \sum_{\substack{T=1,2 \\ S=9,10}} \text{R}(S,T)$$

$$\text{CAPOC}(9) = [\text{R}(11,1) - \tilde{\text{N}}2\text{QP}(11)] / \text{R}(11,1).$$

## E. COMERCIO EXTERIOR

### 1. *Importaciones*

#### Bienes intermedios

Se supone que no importan bienes intermedios los sectores 16 a 19, ni las técnicas no organizadas de comercio y servicios. Para los demás, cada sector y técnica importa un volumen proporcional a su producto, según la hipótesis usual.

$$(100) \quad \text{QMI}(S,T) = \text{CQMI}(S,T) * \text{QP}(S,T).$$

Los totales, por sector y general son:

$$(101) \quad \tilde{\text{N}}2\text{QMI}(S) = \sum_T \text{QMI}(S,T)$$

para  $S = 1, \dots, 15$

$$(102) \quad \tilde{\text{N}}\text{QMI} = \sum_{S=1}^{15} \tilde{\text{N}}2\text{QMI}(S).$$

Se define un precio por sector de destino, dado por su tasa de crecimiento:

$$(103) \quad \text{PMI}(S) = \text{PMI}(S) * [1 + \text{TPMI}(S)].$$

#### Bienes de capital

El volumen de las importaciones de bienes de capital se deter-

mina con respecto a las inversiones en equipo (la construcción es producida en el país en su totalidad) por medio de un coeficiente para cada sector y técnica, variable en el tiempo en la medida en que se produzca un proceso de sustitución.

$$(104) \quad \underline{QMK}(S,T) = \underline{CQMKE}(S,T) * \underline{IBE}(S,T)$$

para todos los sectores y técnicas que invierten en equipo.

Los totales, por sector y general son:

$$(105) \quad \underline{\tilde{N}}2\underline{QMK}(S) = \sum_T \underline{QMK}(S,T)$$

para  $S = 1, \dots, 18$

$$(106) \quad \underline{\tilde{N}}\underline{QMK} = \sum_{S=1}^{18} \underline{\tilde{N}}2\underline{QMK}(S).$$

Hay también un precio por sector de destino, dado por tasa:

$$(107) \quad \underline{PMK}(S) = \underline{PMK}(S) * [1 + \underline{TPMK}(S)].$$

Bienes de consumo

La importación de bienes de consumo por el sector público se hace proporcional a sus gastos totales de consumo en bienes y servicios no factoriales, que mientras no funcione el modelo de ingresos se estima simplemente como parte del PBI:

$$(108) \quad \underline{GCBG} = \underline{CGCBG} * \underline{PBI}.$$

Para las familias el procedimiento es análogo, salvo que los coeficientes difieren según los 4 niveles de ingreso. Por ahora, los gastos en consumo de cada nivel de ingresos,  $\underline{\tilde{N}}1\underline{GC}(Y)$ , se estiman repartiendo la parte del PBI que corresponde al consumo total de las familias:

$$(109) \quad \underline{GCF} = \underline{CGCF} * \underline{PBI}$$

$$(110) \quad \underline{\tilde{N}}1\underline{GC}(Y) = \underline{C}\underline{\tilde{N}}1\underline{GC}(Y) * \underline{GCF}.$$

Las importaciones de bienes de consumo son entonces:

$$(111) \quad \underline{\tilde{N}}\underline{QMC} = \underline{CMCG} * \underline{GCBG} + \sum_{Y=1}^4 \underline{CMC}(Y) * \underline{\tilde{N}}1\underline{GC}(Y).$$

Hay un solo precio, dado por tasa exógena:

$$(112) \quad PMC = PMC*(1+TPMC).$$

El volumen total de importaciones es:

$$(113) \quad QM = \tilde{N}QMC + \tilde{N}QMI + \tilde{N}QMK$$

y su valor total es:

$$(114) \quad MT = PMC*\tilde{N}QMC + \sum_{s=1}^{15} \tilde{N}ZQMI(S)*PMI(S) + \\ + \sum_{s=1}^{18} \tilde{N}ZQMK(S)*PMK(S).$$

El índice general de precios de las importaciones resulta:

$$(115) \quad IPRM = MT/QM.$$

## 2. Exportaciones

Se dan exógenamente las tasas de crecimiento sectoriales para los volúmenes de exportación y sus precios.

$$(116) \quad QX(S) = QX(S)*[1+TQX(S)]$$

para  $S = 1, 3, \dots, 8, 11$ .

En petróleo se dan tasas separadas para crudo y refinado:

$$(117) \quad QXPC = QXPC*(1+TQXPC)$$

$$QCPR = QXPR*(1+TQXPR)$$

Los precios se dan de la misma forma, salvo que hay un solo precio promedio, PXR, para los sectores 4 a 8 y 11.

$$(118) \quad PX(S) = PX(S)*[1+TPX(S)] \text{ para } S = 1 \text{ y } 3$$

$$(119) \quad PXPC = PXPC*(1+TPXPC) \text{ para crudo}$$

$$PXPR = PXPR*(1+TPXPR) \text{ para refinado}$$

$$(120) \quad PXR = PXR*(1+TPXR) \text{ para el resto.}$$

El volumen y precio globales de exportación petrolera se obtienen a partir de 117 y 119:

$$(121) \quad QX(PETR) = QXPC + QXPR$$

$$(122) \quad PX(PETR) = (QXPC * PXPC + QXPR * PXPR) / QX(PETR).$$

Volumen total de exportaciones y su valor total:

$$(123) \quad \bar{N}QX = \sum_{S=1}^{8,11} QX(S)$$

$$(124) \quad XT = \sum_{S=1}^3 QX(S) * PX(S) + PXR * \sum_{S=4}^{8,11} QX(S).$$

El índice de precios de exportación es entonces:

$$(125) \quad IPRX = XT / \bar{N}QX.$$

Las ganancias por términos del intercambio, GTI, pueden calcularse ahora, por sector y total:

Para AGRO y MINR:

$$(126) \quad GTI(S) = QX(S) * [PX(S) / IPRM - 1]; S = 1, 3.$$

Para PETR:

$$(127) \quad GTIPC = QXPC * (PXPC / IPRM - 1)$$

$$GTIPR = QXPR * (PXPR / IPRM - 1)$$

$$GTI(2) = GTIPC + GTIPR.$$

Para el resto de los sectores (S = 4 a 8 y 11)

$$(128) \quad GTI(S) = QX(S) * (PXR / IPRM - 1)$$

y el total

$$(129) \quad \bar{N}GTI = \sum_S GTI(S).$$

### 3. Fletes y seguros

Se calculan por separado para importaciones y exportaciones. Los fletes tienen precio por unidad de volumen y los seguros por valor. Hay pues cuatro precios, exógenos: PFM, PINSM, PFX, PINSX, que se aplican a QM, MT,  $\bar{N}QX$  y XT, respectivamente.

Para el balance de pagos hay que tener en cuenta la parte de estos fletes y seguros suministrados por el país, descontándolos del total de dichas erogaciones en el caso de las importaciones y agregándolos como exportación de servicios en el caso de las exportaciones. Sean CFMN, CINSMN, CFXN, CINSXN los coeficientes que dan la parte nacional de fletes y seguros, de importación y exportación. Entonces las importaciones y exportaciones de fletes y seguros son:

$$(130) \quad \text{FYSM} = \text{PFM} * \text{QM} * (1 - \text{CFMN}) + \text{PINSM} * \text{MT} * \\ * (1 - \text{CINSMN})$$

$$(131) \quad \text{FYSX} = \text{PFX} * \text{NQX} * \text{CFXN} + \text{PINSX} * \text{XT} * \text{CINSXN}.$$

#### 4. Turismo

Los ingresos por turismo de extranjeros en el país se obtienen multiplicando el volumen de turistas (medido con respecto al gasto hecho en el año base) por un índice de precios.

Ambos crecen por tasa exógena.

$$(132) \quad \text{QXBTUR} = \text{QXBTUR} * (1 + \text{TQXTUR})$$

$$(133) \quad \text{PXTUR} = \text{PXTUR} * (1 + \text{TPXTUR})$$

$$(134) \quad \text{XBTUR} = \text{PXTUR} * \text{QXBTUR}$$

y si de XBTUR la parte CTRASX corresponde al transporte, los ingresos por turismo dentro del país son:

$$(135) \quad \text{XTUR} = (1 - \text{CTRASX}) * \text{XBTUR}.$$

Los gastos por turismo de nacionales en el exterior se obtienen como parte del gasto en consumo de las familias de los dos niveles de ingreso superiores:

$$(136) \quad \text{MTUR} = \text{CMTURA} * \text{NIGC}(\text{ALTO}) + \text{CMTURB} * \\ * \text{NIGC}(\text{MEDA}).$$

De esto la parte CTRASM corresponde a transporte y si de todo el gasto en transporte la parte CTRSPN es provista por compañías nacionales, las exportaciones por transporte de turistas son:

$$(137) \quad XTRASP = CTRSPN*(CTRASM*MTUR+CTRASX* \\ *XBTUR).$$

### 5. Balance de pagos

El balance comercial en MBs es:

$$(138) \quad BC = XT - MT.$$

Para formar el balance en cuenta corriente necesitamos las remesas sobre inversiones y otros servicios, los intereses de la deuda externa y las transferencias al exterior de los inmigrantes.

Los envíos sobre inversiones se calculan como parte del producto de ciertos sectores y técnicas, mediante coeficientes exógenos CESI(S):

$$(139) \quad \tilde{NESI} = \sum_{S=1}^{15} CESI(S) * QP(S,1) + CESI(2) * QP(2,REFN) + \\ + CESI(12) * QP(12,COMU).$$

Análogamente se calculan los envíos por "otros servicios" (sueldos de personal extranjero, royalties y otros):

$$(140) \quad \tilde{NEOS} = \sum_{S=1}^{18} CEOS(S) * QP(S,1) + CEOS(2) * QP(2,REFN) + \\ + CEOS(12) * QP(12,COMU) + CEOS(18) * [QP(18,2) + QP(18,3)].$$

Las transferencias unilaterales al exterior de los inmigrantes se calculan multiplicando el número de inmigrantes PINM por el ingreso medio *per caput* PBIC y tomando de eso la parte exógena CENVIO:

$$(141) \quad TRUNC = PINM * PBIC * CENVIO.$$

Los intereses de la deuda externa INTX se calculan en dólares más abajo. Se los reduce a MBs con el tipo de cambio PUS, exógeno.

El balance en cuenta corriente es entonces, en MBs:

$$(142) \quad BCC = BC + XTUR + XTRASP + FYSX - MTUR - \\ - FYSM - \tilde{NESI} - \tilde{NEOS} - TRUNC - INTX * PUS.$$

Para expresarlo en M\$ es necesario separar las exportaciones de petróleo, que tienen un tipo de cambio especial, PUSPTR.

$$(143) \quad BCCUS = [BCC - QX(2) * PX(2)] / PUS + QX(2) * \\ *PX(2) / PUSPTR.$$

Se calcula ahora un balance de pagos ex-ante, BEXAX, para deducir las necesidades de financiación. Todas las magnitudes son en M\$. IDIRX son las inversiones directas de capital extranjero, exógenas. AMTX son las amortizaciones de la deuda externa, calculadas más abajo.

$$(144) \quad BEXAX = BCCUS + IDIRX - AMTX.$$

Se presentan ahora dos casos: BEXAX puede ser positivo o negativo.

a) BEXAX positivo o nulo.

Sea ROD las reservas de oro y divisas, entonces:

$$(145) \quad ROD = ROD + BEXAX$$

y no es necesario pedir préstamos al exterior de ninguna clase (recuérdese que hay 4 condiciones de préstamos):

$$(146) \quad PRX(C) = 0 \text{ para } C = 1, 2, 3 \text{ y } 4.$$

b) BEXAX negativo.

En este caso hay que financiar  $-BEXAX$ . Eso se hace en parte con las reservas ROD y en parte con préstamos PRX.

La política de reservas se expresa mediante el número NM de meses de importaciones que se desea tener asegurados.

Lo que queda disponible para financiar el déficit externo es:

$$(147) \quad FINX = ROD - NM * MT / (12 * PUS)$$

o cero si esto resulta negativo.

Supongamos que se desea financiar la parte CROD del déficit con las reservas. Si  $-CROD * BEXAX$  es menor que FINX, ese deseo puede realizarse. Si no, sólo se financiará FINX.

La financiación nacional compensatoria es pues:

$$(148) \quad FICOMP = (-CROD * BEXAX) \wedge FINX$$

donde el símbolo  $\wedge$  indica tomar el menor de los dos términos que separa.

El resto,  $-BEXAX - FICOMP$  se financia con préstamos externos de distintos tipos, distribuidos por coeficientes exógenos por tipo de interés y plazo.

$$(149) \quad PRX(C) = C1PRX(C)*(-BEXAX-FICOMP)$$

y las reservas han disminuido a:

$$(150) \quad ROD = ROD-FICOMP.$$

### 6. Endeudamiento externo

Hay deudas de 4 tipos, según los intereses y plazos: duras, semi-duras, semiblandas y blandas. Sus intereses y amortizaciones son (todo en M\$):

$$(151) \quad INTX = \sum_{c=1}^4 TIX(C)*DEUX(C)$$

$$(152) \quad AMTX = \sum_{c=1}^4 DEUX(C)/PLAX(C)$$

y la cuenta de la deuda es:

$$(153) \quad DEUX(C) = DEUX(C)*[1-1/PLAX(C)]+PRX(C).$$

Sus servicios totales son:

$$(154) \quad SERVX = INTX+AMTX.$$

### 7. Otros índices que se imprimen

Coficiente de importaciones:

$$(155) \quad CQM = QM/PBI.$$

Elasticidad ingreso de las importaciones

$$(156) \quad EIQM = (QM/QMA-1)/(PBI/PBIA-1).$$

Estructura de las importaciones:

$$(157) \quad EQMC = \bar{N}QMC/QM$$

$$EQMI = \bar{N}QMI/QM$$

$$EQMK = \bar{N}QMK/QM.$$

Coficiente de retorno de las exportaciones:

$$(158) \quad \text{CRET} = 1 - (\bar{\text{NESI}} + \bar{\text{NEOS}}) / \text{XT}.$$

Coeficiente de carga de la deuda externa, sobre exportaciones:

$$(159) \quad \text{CSERVX} = \text{SERVX} * \text{PUS} / \text{XT}.$$

Coeficiente de liquidez externa:

$$(160) \quad \text{CLEX} = \text{PUS} * \text{ROD} / \text{MT}.$$

Contribución del capital extranjero

$$(161) \quad \text{CNKX} = \text{BCC} / \text{IBIF}.$$

Contribución en divisas

$$(162) \quad \text{CNDX} = [-\text{BCC} - (\text{ROD} - \text{RODA}) * \text{PUS}] / \text{PBI}.$$

## DICCIONARIO

Unidades: MBs = 1 millón de Bs.

M\$ = 1 millón de dólares

KH = mil hombres

AMTX: amortizaciones de préstamos extranjeros (en M\$ corrientes).

AS(S,T): aportes sociales por salarios, en MBs base.

BC: balance comercial (en MBs corrientes).

BCC: balance en cuenta corriente (en MBs corrientes).

BCCUS: balance en cuenta corriente (en M\$ corrientes).

BEXAX: saldo ex-ante de las transacciones con el exterior, a financiar M\$.

CALQ: coeficiente de alquileres o producto capital para vivienda.

CAPOC(S): porcentaje de capacidad ociosa en el sector S.

CAPR(S,T): coeficiente de aprovechamiento de la capacidad ociosa en la técnica T del sector S.

CBB: coeficiente de beneficios sobre salarios, para sectores 16 y 17.

CCPGOC(G): coeficiente que distribuye los trabajadores por cuenta propia según grupo de ocupación, -G = 1, 2, 3, 4.

CDEMA:	proporción de la desocupación rural.
CDES:	coeficiente de desocupación con respecto a la población activa total.
CDESR:	coeficiente de desocupación rural con respecto a la población activa rural.
CDESU:	coeficiente de desocupación urbana con respecto a la población activa urbana.
CDISC:	discrepancia entre las estructuras sectoriales de producto y empleo.
CEATR:	parte del empleo total ocupado en técnicas atrasadas.
CECAM:	proporción de la ocupación rural constituida por campesinos.
CECR:	proporción de la ocupación rural en la agricultura comercial.
CEGRM:	participación en la ocupación de la manufactura de los grandes establecimientos.
CEIAN:	proporción de la ocupación rural en los asentamientos del IAN.
CEMA(1,T):	número de ayudantes familiares por jefe de explotación en las técnicas T = 2 y 3 del sector 1 (en KH por jefe de explotación).
CEMB:	participación en la ocupación de la manufactura de los sectores modernos.
CEMBE(S,T):	número de patrones-trabajadores por cuenta propia por establecimiento en la técnica T del sector S (en KH por establecimiento).
CEME(S,T):	número de personas ocupadas por establecimiento en la técnica T del sector S (en KH por establecimiento).
CENVIO:	parte del ingreso de los inmigrantes que se envía al exterior.
CEOS(S):	coeficiente de remesas al exterior en conceptos de sueldos de no residentes, royalties y otros servicios.
CESBEM:	participación en la ocupación total de los sectores urbanos no organizados.
CESI(S):	coeficiente de remesas al exterior de beneficios distribuidos en el sector S.
CFMN:	parte de los fletes de importación cobrados por empresas nacionales.
CFXN:	<i>idem</i> para exportación.
CGCBG:	parte del PBI dedicada a consumo de bienes en el sector público.

CGCF:	<i>idem</i> para las familias.
CINSMN:	parte de los seguros de importación cobrados por empresas nacionales.
CINSXN:	<i>idem</i> para exportación.
CKEP(S,T):	parte del capital fijo del sector S, técnica T, propiedad de empresas privadas nacionales.
CLEX:	coeficiente de liquidez externa.
CMCG:	proporción de bienes y servicios importados en el gasto corriente en bienes y servicios del sector gobierno.
CMC(Y):	propensión a importar bienes de consumo en familias del grupo de ingresos Y.
CMTURA-B:	gasto en turismo en proporción al ingreso disponible por consumo de las familias del grupo de ingreso 1 y 2 respectivamente.
CNDX:	índice de contribución de divisas.
CNKX:	contribución neta del exterior como porcentaje de la inversión bruta interna.
CÑIGC(Y):	coeficiente que reparte el consumo total de las familias por niveles de ingreso Y.
CPBE(12,T):	coeficiente capital en equipo/producto para transporte, técnicas T = 1, 2.
CPC(S,T):	proporción de la construcción en la inversión bruta fija en la técnica T del sector S.
CPP(S,T):	proporción de valor agregado por unidad de producción.
CPRFC:	coeficiente valor agregado petróleo refinado/crudo.
CPTGOC(G):	coeficiente que distribuye a los patrones según los grupos de ocupación —G = 1, 2, 3, 4.
CP(S,T):	coeficiente de capital-producto en la técnica T del sector S (en años).
CQATR:	parte del PBI producido por las técnicas atrasadas.
CQGRM:	participación de la gran industria en el total de la manufactura.
CQM:	coeficiente global de importaciones en el producto bruto interno.
CQMB:	participación de la manufactura de bienes intermedios y de capital en el producto total de la manufactura.
CQMI(S,T):	coeficiente de importación de bienes intermedios en el sector S, técnica T.
CQMKE(S,T):	coeficiente de importación en la demanda de

	maquinaria, equipo y elementos de transporte, sector S, técnica T.
CQPCOM:	coeficiente de producto del comercio organizado con respecto al producto de los sectores "productivos".
CQPTRC:	<i>idem</i> para el transporte de carga y almacenaje.
CQP(S,T):	coeficiente de distribución por técnica T del producto del sector S. $S \neq 12, 13$ ; $S = 12$ y $T = 1, 2$ .
CQSBEM:	participación del producto de los sectores de subempleo en el total del producto.
CRDESU(J):	parte del desempleo urbano que se ocupa como buhoneros ( $J = 1$ ) o como servicios no organizados ( $J = 2$ ).
CRET:	coeficiente de valor de retorno de las exportaciones.
CRNPC:	parte del petróleo crudo que se refina en el país.
CROD:	proporción del saldo con el exterior a financiar que se solventa, como máximo, con utilización de reservas de oro y divisas.
CSEOS(S):	coeficiente de salarios pagados a no residentes con respecto a residentes en el sector S (para ciertas técnicas solamente).
CSERVX:	coeficiente de carga de servicios de la deuda externa.
CSGOC(S,T,G):	coeficiente que reparte los asalariados del sector S, técnica T, entre los grupos de ocupación G.
CTRASM-X:	gasto en turismo usado en transporte (M para importación y X para exportación).
CTRSPN:	parte del transporte total de turistas realizado por empresas nacionales.
CTURN(S,T):	índice relativo del número de horas efectivas de utilización de una planta, con respecto al número normal en la técnica T del sector S.
CURB:	parte de la inversión en vivienda correspondiente a obras públicas.
CYCOC:	relación entre el ingreso de los trabajadores por cuenta propia y el de los asalariados no calificados, en la técnica 3 de servicios.
CYCVA:	relación entre el ingreso en la técnica 3 de comercio y el menor salario de la técnica 2.
CIPRX(C):	proporción del saldo a financiar con préstamos

	extranjeros que es solventado con préstamos de tipo H.
DES:	desocupación abierta total (en KH).
DESR:	desocupación abierta rural (en KH).
DESU:	desocupación en las áreas urbanas, incluida la ocupación en los sectores no organizados del comercio y los servicios (en KH).
DEUX(C):	deuda por préstamos extranjeros de tipo C (en M\$ corrientes).
EASALR:	cantidad de asalariados en el empleo total (en KH).
EAYFAM:	cantidad de ayudantes familiares (en KH).
ECPROP:	cantidad de trabajadores por cuenta propia (en KH).
EE(S):	proporción de ocupación en el macrosector S; S = 1, ..., 11.
EIB(S):	participación de la inversión en el macrosector S en el total S = 1, ..., 12.
EIPRAT:	índice de productividad de las técnicas atrasadas.
ĒIPRGM:	<i>idem</i> para la gran industria.
EIPRV(S):	índice de productividad con respecto a la productividad promedio de la mano de obra en el macrosector S; S = 1, ..., 11.
EIQM:	elasticidad ingreso de las importaciones.
EMAYP:	personas ocupadas en autoconstrucción de vivienda (en KH).
EMR:	empleo rural total (en KH).
EMS(S,T,G):	empleo de asalariados en el sector S y en la técnica T del grupo de ocupación G (en KH).
EMT:	empleo total (en KH).
EMTA:	<i>idem</i> , su valor anterior (en KH).
EMU:	empleo urbano total (en KH).
EPATRN:	cantidad de patrones en el empleo total (en KH).
EQMC:	proporción de importaciones de bienes de consumo en la importancia total.
EQMI:	proporción de importaciones de materias primas y bienes intermedios en la importación total.
EQMK:	proporción de importaciones de bienes de capital en la importación total.
EQ(J):	estructura sectorial del producto por macrosectores.

ESD:	elasticidad ingreso del empleo en servicio doméstico.
ETCOM:	elasticidad ingreso del producto de comunicaciones.
ETRP:	elasticidad ingreso del producto de transporte de pasajeros.
FICOMP:	utilización de reservas de oro y divisas para solventar déficit externo (en M\$).
FINX:	cantidad de oro y divisas disponible para financiación externa.
FM:	fletes de las importaciones, en MBs.
FYSM:	fletes y seguros de las importaciones.
FYSX:	<i>idem</i> , exportaciones.
GCBG:	gasto corriente del gobierno en bienes y servicios productivos (en MBs base).
GCF:	<i>idem</i> , familias (en MBs base).
GTIPC, GTIPR, GTI(s):	ganancia por términos del intercambio, para petróleo crudo, refinado y sector S (en MBs base).
IBAGRO:	inversión bruta "administrativa" en el agro (infraestructura), en MBs base.
IBATRS:	<i>idem</i> para transporte y comunicaciones (en MBs base).
IBAVDA:	<i>idem</i> para propiedad de vivienda (en MBs base).
IBC(S,T):	parte de la inversión de la técnica T en el sector S que se efectúa en construcciones e instalaciones.
IBE(S,T):	parte de la inversión de la técnica T en el sector S que se efectúa en maquinaria, equipo y elementos del transporte (en MBs base).
IBF(S,T):	inversión bruta fija en la técnica T del sector S (en MBs base).
IBIF:	inversión bruta fija interna (en MBs base).
IDIRX:	inversiones directas netas del exterior (en M\$ corrientes).
INSM:	monto de los seguros para importaciones.
INTX:	intereses pagados por préstamos extranjeros (en M\$ corrientes).
IPRM:	índice general de precios de importación.
IPRX:	<i>idem</i> , exportación.
KPVIV:	capital instalado en vivienda (en MBs base).
MT:	valor de las importaciones totales (en MBs corrientes).

MTUR:	gastos en turismo de los venezolanos en el exterior (en MBs corrientes).
NM:	número de meses de importación que se considera como mínimo para mantener reservas.
ÑEOS:	monto total de los egresos por otros servicios (en MBs base).
ÑESI:	monto total de los egresos sobre inversiones extranjeras (en MBs base).
ÑGTI:	monto total de la ganancia por términos del intercambio (en MBs base).
ÑQMC:	cantidad total de importaciones de bienes de consumo (MBs base).
ÑQMI:	cantidad total de importaciones de bienes intermedios (en MBs base).
ÑQMK:	cantidad total de importaciones de bienes de capital (en MBs base).
ÑOX:	volumen total de exportaciones (en MBs base).
ÑQXA:	<i>idem</i> , su valor anterior.
ÑIGC(Y):	gasto total en consumo de bienes de las familias de nivel de ingreso $Y = 1,2,3,4$ (en MBs base).
Ñ12EM(G):	empleo total del grupo de ocupación G (en KH).
Ñ12EMS(G):	<i>idem</i> para asalariados.
Ñ2IBF(S):	inversión bruta fija por sector (en MBs base).
Ñ2QMI(S):	volumen de importaciones de bienes intermedios por sector (en MBs base).
Ñ2QMK(S):	<i>idem</i> , bienes de capital.
Ñ2QP(S):	producto del sector S (en MBs base).
Ñ23EM(S):	empleo total del sector S (en KH).
Ñ3EMA(T):	empleo de ayudantes familiares —para todos los niveles educativos— en la técnica T del sector 1 (en KH).
Ñ3EMB(S,T):	empleo de patrones-trabajadores por cuenta propia de todos los niveles educacionales en la técnica T del sector S (en KH).
Ñ3EMS(S,T):	empleo de asalariados en todos los niveles educacionales en la técnica T del sector S (en KH).
Ñ3EM(S,T):	empleo de todas las categorías de ocupación en la técnica T del sector S —para todos los niveles educacionales— (en KH).
Ñ3YS(S,T):	salarios y aportes sociales del sector S, técnica T, total sobre G (en MBs base).

PAR:	población rural activa (en KH).
PAU:	población urbana activa (en KH).
PBI:	producto bruto interno (en MBs base).
PBIA:	valor anterior del PBI.
PBIC:	producto bruto <i>per caput</i> (en miles de Bls. base por persona).
PDESR:	desocupación rural antes de considerar el empleo excedente de ayudantes familiares (en KH).
PFM:	precio de los fletes de importación.
PFX:	<i>idem</i> , exportación.
PINM:	población total de inmigrantes (en KH).
PINSM:	precio de los seguros para importaciones.
PINSX:	<i>idem</i> , exportaciones.
PLAX(C):	plazo de amortización de préstamos extranjeros de tipo C (en años).
PMC:	precio de los bienes de consumo importados (índice relativo al año base).
PMI(S):	<i>idem</i> , bienes intermedios con destino al sector S.
PMK(S):	<i>idem</i> , bienes de capital.
POBLA:	población total (en miles de personas).
PRVP:	productividad promedio total de la mano de obra ocupada (en miles de Bls. por persona ocupada).
PRVPA:	valor anterior de PRVP.
PRV(S,T):	productividad promedio de la mano de obra en la técnica T del sector S (en miles de Bls. por persona).
PRX(C):	monto de los préstamos extranjeros de tipo C (en M\$).
PUS:	tipo de cambio del dólar (en el año base).
PUSPTR:	tipo de cambio del dólar para petróleo (en el año base).
PXPC, PXPR:	precios de exportación del petróleo.
PXR:	precio de las exportaciones no provenientes del sector petróleo, hierro o agricultura.
PXTUR:	precio del turismo de extranjeros en el país.
PX(S):	precio de las exportaciones del sector S (índice relativo al año base).
QKA(S,T):	valor anterior de QK(S,T).
QKG:	capacidad de producción en gestación en el sector ELEC (en MBs base de <i>producción</i> ).
QKGF:	capacidad de producción que se terminó de ges-

	tar en el sector ELEC (en MBs base de <i>producción</i> ).
QKGI:	capacidad de producción que se comienza a gestar en el sector ELEC (en MBs base de <i>producción</i> ).
QKGIE:	capacidad de producción que se comienza a gestar determinada exógenamente en el sector ELEC (en MBs base de <i>producción</i> ).
QKGIM:	capacidad de producción que se comienza a gestar como mínimo en el sector ELEC (en MBs base de <i>producción</i> ).
QKIV(NT):	valor del QKGI, NT años atrás.
QK(S,T):	capacidad de producción instalada en la técnica T del sector S (en MBs base de <i>producción</i> ).
QM:	volumen total de las importaciones (en MBs base).
QMA:	valor anterior de QM.
QMI(S,T):	importación de bienes intermedios por parte del sector S, técnica T (en MBs base).
QMK(S,T):	<i>idem</i> , bienes de capital.
QPA(S,T):	valor anterior de QP(S,T).
QPSORG:	producto de los servicios organizados, técnicas 1 y 2 (en MBs base).
QP(S,T):	producto del sector S, técnica T (en MBs base).
QXBTUR:	producto del turismo extranjero, incluso transporte (en MBs base).
QXPC:	volumen de exportaciones de petróleo crudo (en MBs base).
QXPR:	<i>idem</i> , refinado.
QX(S):	volumen de las exportaciones del sector S (en MBs base).
RENOV:	inversión necesaria para renovar la capacidad desgastada, medida en capacidad de <i>producción</i> (en MBs base).
ROD:	reservas de oro y divisas (en M\$ corrientes).
RODA:	valor anterior de ROD.
S:	índice de sector productivo $S = 1, \dots, 19$ .
SALX(S,T):	salarios de empleados no residentes.
SERVX:	servicios total de la deuda externa (en M\$ corrientes).
TAS(S,T):	tasa de aportes sociales sobre salarios, sector S, técnica T.

TD <u>ES</u> :	número de periodos de vida de una planta en la técnica T de sectores (en años).
TE <u>MT</u> :	tasa de crecimiento del empleo total.
TIB <u>GRO</u> :	tasa de crecimiento de IBAGRO.
TIB <u>IF</u> :	tasa de inversión bruta fija en el producto bruto interno.
TIB <u>F</u> :	tasa anual de crecimiento de las inversiones en la técnica T del sector S.
TIX(C):	tasa de interés sobre préstamos extranjeros de tipo C.
T <u>N</u> OX:	tasa anual de crecimiento de las exportaciones totales.
T <u>N</u> 2QP(S):	tasa anual de crecimiento del producto del sector S.
T <u>N</u> 3EM(S,T):	tasa de crecimiento del empleo en S,T.
TO <u>P</u> TRS:	tasa de crecimiento de IBATRS.
TP <u>B</u> I:	tasa de crecimiento del PBI.
TP <u>M</u> C:	tasa de crecimiento de PMC.
TP <u>M</u> I(S):	tasa de crecimiento de PMI(S).
TP <u>M</u> K(S):	tasa de crecimiento de PMK(S).
TP <u>R</u> VP:	tasa de crecimiento de PRVP.
TP <u>R</u> V(S,T):	tasa de crecimiento de PRV(S,T).
TP <u>X</u> PC:	tasa de crecimiento de PXPC.
TP <u>X</u> PR:	tasa de crecimiento de PXPR.
TP <u>X</u> R:	tasa de crecimiento de PXR.
TP <u>X</u> TUR:	tasa de crecimiento de PXTUR.
TP <u>X</u> (S):	tasa anual de crecimiento de los precios de exportación del sector S.
T <u>Q</u> KGIM:	tasa de crecimiento del QKGIM.
T <u>Q</u> M:	tasa de crecimiento de QM.
T <u>Q</u> PEXT:	tasa de crecimiento de QP(PETR,EXTR).
T <u>Q</u> PSRG:	tasa de crecimiento de QPSORG.
T <u>Q</u> XPC:	tasa de crecimiento de QXPC.
T <u>Q</u> XPR:	tasa de crecimiento de QXPR.
T <u>Q</u> XTUR:	tasa de crecimiento de QXBTUR.
T <u>Q</u> X(S):	tasa de crecimiento de QX(S).
TR <u>AN</u> SP:	monto del transporte de turistas a y del exterior.
TR <u>UN</u> C:	transferencias unilaterales de los inmigrantes al exterior (en MBs base).
WAG(S,T,G):	salario de los trabajadores en el sector S y técnica T de nivel de calificación G (en miles de BIs base/por persona).

XBTUR:	valor del turismo extranjero incluido su transporte al país.
XT:	exportaciones totales de bienes y servicios (en MBls corrientes).
XTRASP:	parte del transporte de turistas provisto por empresas nacionales.
XTUR:	gastos de turistas extranjeros en Venezuela (en MBls 1960).
YCOC:	ingreso <i>per caput</i> de los oficios callejeros (en miles de Bls base por persona).
YCVA:	ingreso <i>per caput</i> de los vendedores ambulantes (en miles de Bls base por persona).

ÓSCAR VARSAVSKY

## ANEXO II

### UN MODELO MATEMÁTICO DE LA UTOPIA DE MORO\*

Se presenta aquí un modelo matemático de un sistema social dinámico global.

El trabajo tiene dos objetivos: uno aparente y circunstancial, que es estudiar la estabilidad social de la *Utopía* de Moro, y otro —el principal— que es ensayar el método de experimentación numérica o simulación en un problema complicado y en el que la información no viene cuantificada.

Este segundo objetivo explica por qué se eligió un sistema social ideal en vez de buscar una aplicación real: se espera así independizarse al máximo de las discusiones específicamente sociológicas y poder dedicar todas las energías al aspecto metodológico.

Lo que se pretende demostrar es que, a pesar del carácter cualitativo del problema, un modelo matemático permita llegar a conclusiones interesantes: por ejemplo, si la sociedad descrita por el modelo (y que pretende representar la de Utopía) puede resistir el impacto de innovaciones en el terreno técnico y en el religioso.

La tarea sociológica es definir los actores, sus características y las "variables de estado" que describen el tipo de sociedad, y dar las leyes de cambio de estas variables en función de los valores anteriores de las variables, de factores exógenos y componentes aleatorias. No siendo sociólogos los responsables del proyecto se entiende que hayan elegido una situación no real, donde no se necesita ningún estudio empírico previo para justificar la elección de las variables e hipótesis de cambio.

El proyecto fue iniciado conjuntamente por el Departamento de Cálculo de la Escuela de Física y Matemáticas de la Universidad Central de Venezuela y este instituto.

Esta versión sufrirá varios cambios importantes en un futuro

\* Este artículo apareció publicado en el núm. 26 del vol. 7, Julio-septiembre 1967, de la Revista *Desarrollo Económico*, Bs. As., Argentina.

próximo y contiene ya algunas modificaciones con respecto a la versión original (agradecemos las sugerencias formuladas por Torcuato Di Tella y Oscar Cornblit).

## 1. DESCRIPCIÓN DE UTOPIA SEGÚN NUESTRO MODELO INICIAL

### 1.1 *Variables de estado*

La descripción de este sistema social se hace por medio de cierto número de sus características que son pasibles de cambios en el tiempo, ya sean cualitativos o cuantitativos. Así, la forma de gobierno de Utopía podría describirse como una democracia de tipo ateniense, pero por supuesto hay muchas alternativas hacia las cuales esta forma vigente podría evolucionar. La forma de gobierno se considera, pues, una variable (variable de estado) simbolizada GOB, que puede tomar varios valores, como democracia ateniense, democracia total, etcétera (que se indicarán arbitrariamente con números, 0, 1, 2, 3, ...). El valor vigente en el momento que se está considerando se simboliza  $v(\text{GOB})$ . Así,  $v(\text{GOB}) = 2$  significa, por ejemplo, que la forma de gobierno vigente en este instante es la democracia total.

Estas características cualitativas o índices del estado de la sociedad se simbolizan en general  $VE_r$ . Damos la lista de las que usamos en este modelo sin tratar de definir las más allá de su significado usual y vago, pues no nos hace falta por el momento una mayor precisión. Para casi todas diferenciamos sólo dos valores: el vigente en la *Utopía* de Moro y el "polo opuesto", pues lo que nos interesa en esta etapa es ver si el valor vigente llega a cambiar (inestabilidad) y no hacia dónde cambia. Esto simplifica mucho las cosas, y por eso para una de ellas, GOB, admitimos un valor más, para ver qué tipo de complicación computacional introduce.

<i>Variable</i>	<i>Interpretación usual</i>	<i>Valor vigente inicial</i>	<i>Alternativas</i>
VE <sub>1</sub> =ECON:	Tipo de estructura económica	0=planificada	1=libre
VE <sub>2</sub> =GOB:	Forma de gobierno	0=democracia ateniense	1=democracia total 2=totalitaria
VE <sub>3</sub> =EDUC:	Tendencia dominante en la educación	0=literaria	1=técnica
VE <sub>4</sub> =MILIT:	Forma de organización militar	0=milicias	1=fuerzas profesionales
VE <sub>5</sub> =RELIG:	Forma imperante del ejercicio de cultos religiosos	0=libertad de conciencia	1=proselitismo
VE <sub>6</sub> =ORDEN:	Forma predominante de hacer cumplir las leyes	0=educación o socialización	1=policial
VE <sub>7</sub> =ROLES:	Forma predominante de asignar los roles individuales	0=por adscripción o planificados	1=por adquisición o libre
VE <sub>8</sub> =COMOD:	Orientación imperante respecto de las comodidades materiales	0=ascetismo	1=sibaritismo
VE <sub>9</sub> =ESCL:	Existencia de esclavitud	0=sí	1=no
VE <sub>10</sub> =MUNDO:	Relaciones de <i>Utopía</i> con el resto del mundo	0=paternalista	1=contacto
VE <sub>11</sub> =FAM:	Organización familiar imperante	0=aislamiento	1=liberal

## 1.2 Relevancia de las VE en cada momento

La importancia o *peso* de cada VE, como posible causa de conflicto, *varía en el tiempo y está medida por una ponderación*  $P(r)$  [ $0 < P(r) < 1$ ] y  $\sum_r P(r) = 1$ , que indica el grado relativo en que está *sobre el tapete*.

Se puede definir de este modo un *área de conflicto*. Así, la educación está en el área de conflicto si  $P(\text{EDUC})$  es mayor que cierta constante.

### 1.3 Características sociales

Usamos además otro tipo de índices para describir el sistema social, que difieren de las  $VE_r$  porque no intervienen en el modelo como objetos de evaluación por parte de los actores, y porque se prestan mejor para una cuantificación convencional. Son dos en este modelo:

TECNO = nivel tecnológico.

CONF = grado de conflicto social.

Ambas variables se miden en una escala de 0 a 10, que sólo se usa para representar orden. CONF = 10 indica revolución violenta; CONF = 0 se da sólo en el limbo. TECNO = 10 correspondería al de una sociedad industrial moderna y TECNO = 0 correspondería al de una sociedad sumamente primitiva.

### 1.4 Los actores

El sistema social contiene además *actores*,  $A_i$ , definidos:

a) por cierto número de características  $K_k$  que cada uno de ellos posee en distinto grado  $K_{ik}$ , y

b) por las evaluaciones que cada uno de ellos hace de cada valor posible de cada variable de estado social  $VE_r$ .

Tanto las  $K_{ik}$  como las evaluaciones varían en el tiempo, por efecto de las  $VE_r$  y de la interacción entre todas ellas. La explicación de las leyes que rigen estas variaciones constituyen el modelo en sí.

Los actores son grupos sociales fácilmente identificables en Utopía por sus funciones diferentes. Ellos son:

- $A_1$  = jefes o "protofilarcas", que forman el ejecutivo central.
- $A_2$  = filarcas, son los jefes de parroquia (planean y controlan la distribución de la población, de los instrumentos de trabajo y la producción) y forman un cuerpo consultivo.
- $A_3$  = sacerdotes, son electos y se encargan del culto, el control de las costumbres y la educación de los jóvenes y niños.
- $A_4$  = literatos, individuos becados para realizar estudios humanísticos. Entre sus miembros se eligen los sacerdotes, filarcas y protofilarcas.
- $A_5$  = técnicos, dedicados fundamentalmente a la protección de la salud de los utopianos (médicos, farmacéuticos, etcétera).
- $A_6$  = ancianos, que cumplen un papel consultivo y ejercen la autoridad familiar.

- A<sub>7</sub> = jóvenes, dedicados a recibir instrucción para desempeñar oficios. Su posición es subalterna.
- A<sub>8</sub> = mujeres, son las que realizan las tareas domésticas para la familia y la comunidad.
- A<sub>9</sub> = campesinos, que lo son por rotación entre los utopianos.
- A<sub>10</sub> = esclavos utopianos por haber cometido delitos comunes. Desempeñan las tareas más desagradables.
- A<sub>11</sub> = esclavos prisioneros de guerra.
- A<sub>12</sub> = esclavos extranjeros voluntarios, que acuden a Utopía por los sueldos que se les paga.

Los grupos de ancianos, mujeres y jóvenes no son únicamente demográficos, sino que desempeñan funciones diferentes y en este sentido los incluimos.

Este modelo no tiene mecanismos para formación o desaparición de grupos, pero sí para su agrupación en dos bandos opuestos —“polarización”— en circunstancias apropiadas.

### 1.5 *Las evaluaciones de los actores*

Las distintas maneras en que un actor puede evaluar cada alternativa de una  $VE_r$ , y que cualitativamente podría ordenarse desde el repudio total y violento hasta la adhesión incondicional y fervorosa, pasando por la indiferencia y otros grados intermedios, se representan convencionalmente en una escala de  $-10$  a  $+10$ , donde  $0$  es la indiferencia, y donde los valores de módulo mayor que  $5$  implican que la evaluación tiene un componente emocional.

Simbólicamente:  $EV(i, \text{GOB } 1) = -3$  se lee “la evaluación que el actor  $i$  hace de la alternativa  $1$  para la forma de gobierno es  $-3$ ”. En otros términos: el actor está en contra de la democracia total pero no mucho. Esta evaluación está definida independientemente de que esa alternativa sea o no vigente. Como las evaluaciones de las alternativas vigentes tienen un interés especial, aparecerán fórmulas con  $EV[i \text{ GOB} = v(\text{GOB})]$  donde  $v(r)$  es la alternativa vigente en este momento de la  $VE_r$  ( $r$  para abreviar).

Entendemos que la evaluación de un actor acerca de una alternativa no vigente de una  $VE_r$  no está referida a una situación real o conocida, sino a la imagen que tiene ese actor de esa alternativa.

Hemos numerado las alternativas de modo que el valor inicial de todas las  $VE_r$  es  $0$ :  $v(r) = 0$  para todo  $r$  al comenzar cada experimento.

## 1.6 Las características de los actores

Las características  $K_k$  que describen cada actor son variables cuantificadas de 0 a 10 según su grado. Así  $HETER(3) = 5$ , significa que la heterogeneidad del actor  $A_3$  es intermedia entre los extremos de homogeneidad total entre todos los miembros del grupo (considerados a su vez como actores sociales) y desacuerdo máximo.

Las  $K_k$  que usamos son, también sin entrar en aclaraciones acerca de su significado:

- $K_1 = EMOT$ : emotividad o disposición para actuar.
- $K_2 = HETER$ : grado de heterogeneidad provocado por las diversas características y evaluaciones de los distintos miembros del actor.
- $K_3 = FUER$ : fuerza o capacidad para mantener el *statu quo* o provocar cambios. Se toma también como indicador de la posición del actor en la pirámide social.
- $K_4 = INF$ : grado de información general media de los miembros del actor.
- $K_5 = ORG$ : organización o grado de coordinación del actor en la acción para obtener sus propósitos.
- $K_6 = NVIDA$ : nivel de vida medio de los miembros del actor.
- $K_7 = SATIS$ : satisfacción o gratificación media que experimentan los integrantes del actor con referencia a su sociedad.
- $K_8 = SOC$ : consenso medio (actitud frente al *statu quo*) de los miembros del actor (abreviamos SOC para no confundir con CONF = conflicto).
- $K_9 = EFIC$ : eficacia o grado medio de racionalidad en el comportamiento de los miembros del actor.
- $K_{10} = PERM$ : permeabilidad o apertura del actor para la entrada o salida de individuos en él.

## 1.7 Relaciones entre los actores

Las relaciones entre los actores están descritas por una sola variable:  $ANTAG(i,j)$  = antagonismo entre los actores  $i$  y  $j$ , también cuantificado de 0 a 10.

## 1.8 Funcionamiento del modelo

Inicialmente se conocen los valores vigentes de las  $VE_r$ , su importancia o "peso"  $P(r)$ , las evaluaciones que los actores hacen de ellos,  $EV(i,r = a)$ , las características de cada actor  $K_{ik}$  y otras variables como TECNO, CONF, ANTAG. Cada uno de estos valores puede variar en el tiempo según leyes explícitas.

Para seguir esta variación se define un periodo o lapso básico DT (3 meses, por ejemplo) y se dan fórmulas para las variaciones de las variables de un periodo al siguiente. La variación  $dx$  de la

variable  $x$  es función de los valores de las demás variables y sus variaciones. Hay completa libertad para elegir la forma de esas funciones: tablas, gráficas, alternativas lógicas, etcétera, pero las más económicas son las expresiones algebraicas usuales.

Como en los casos en que el grado de conflicto es alto, el lapso de 3 meses es demasiado extenso, se hace DT, función decreciente de CONF.

En aquellas ecuaciones en que parecía adecuado se agregó un término AL, que es una variable aleatoria normal de media = 0 y dispersión que puede depender de HETER, para representar el efecto de factores no tenidos en cuenta. El elemento aleatorio aparece también en el hecho de que el cambio de las alternativas vigentes de las  $VE_r$  por otras nuevas, no ocurre forzosamente cuando se dan las condiciones adecuadas, sino sólo con cierta probabilidad, que puede hacerse depender de cuán adecuadas sean.

Las variables llamadas EXOG representan influencias exógenas, independientes del sistema social. Las usamos para introducir perturbaciones externas en el modelo (como un súbito aumento de información o de sectarismo religioso) y ver si ellas conducen a cambios importantes. Éste es el objetivo concreto de esta primera etapa de trabajo.

## 2. LAS LEYES DE VARIACIÓN DE LAS VARIABLES

### 2.1 Notación

- a) los índices  $i, j = 1, 2, \dots, 12$  se refieren a *actores*.
- b) el índice  $k = 1, 2, \dots, 10$  a *características* de los actores; el índice  $m = 1, 2$  a *características sociales*.
- c) el índice  $r = 1, 2, \dots, 11$  a *variables de estado*.
- d)  $K_{ik}$  indica la característica  $k$  del actor  $i$ .  $K_m$  indica la característica  $m$  de la sociedad.
- e)  $EV(i, r = a)$  la evaluación que el actor  $i$  hace del hecho que la  $VE_r$  correspondiente llegue a tener el valor  $a$ .  $V(r)$  es el valor vigente de la  $VE_r$ .
- f) se llaman  $dK_{ik}$  y  $dEV(i, r = a)$  a las variaciones de las  $K_{ik}$  y  $EV(i, r = a)$ .
- g) los  $PAR_{i,s}$  y  $BETA_s$  son constantes numéricas.  $s = 1, 2, \dots, n$ , numera la constante (en el caso de  $PAR_{i,s}$  lo hace en cada ecuación).
- h) el signo  $=$  es el de la computadora: así,  $b = b + c$  significa que el *nuevo* valor de  $b$  se obtiene sumando al valor que tenía  $b$  el de  $c$ .

i) en general, todas las variables ubicadas a la derecha de la igualdad tienen los valores tomados en el periodo anterior.

j)  $(a + b) \vee c$  indica que debe tomarse el término mayor de los dos (supremo).

k)  $(a + b) \wedge c$  indica que debe tomarse el menor (ínfimo).

## 2.2 Definición de antagonismo

$$(1) \quad \text{ANTAG } (i,j) = \\ = 0,5 \sum_{r=1}^{11} P(r) \cdot (EV[i,r = v(r)] - EV[j,r = v(r)])$$

El antagonismo entre actores se hace función sólo de las diferencias de opinión sobre los valores vigentes de las  $VE_r$ , dejando para otro modelo otros factores también importantes. Estas diferencias se ponderan por los "pesos" asignados a cada  $VE_r$ . El coeficiente que multiplica la sumatoria tiene por objeto hacer que el ANTAG  $(i,j)$  varíe entre 0 y 10.

## 2.3 Ponderación de las variables de estado. Área de conflicto

(2) a) Si  $\text{ANTAG } (i,j) > \text{BETA}_{22}$  y

b)  $(EV[i,r = v(r)] - EV[j,r = v(r)]) > \text{BETA}_{23}$ , entonces

$$P(r) = P(r) + \text{BETA}_{24}(EV[i,r = v(r)] - EV[j,r = v(r)]) \\ \cdot (\text{FUER}_i + \text{FUER}_j) + \text{Exógeno}.$$

Repetir para todo  $r$  y todo par no ordenado  $(i,j)$ .

La relevancia ("peso") de una  $VE_r$  como generadora de conflictos aumenta si hay grupos muy antagonísticos que difieren mucho respecto de ella.

Así, si el antagonismo entre los actores  $i$  y  $j$  es mayor que un cierto número  $\text{BETA}_{22}$  y la distancia entre sus evaluaciones sobre las  $VE_r$  supera otro número  $\text{BETA}_{23}$ , entonces el "peso" de una  $VE_r$  es igual al que tenía en el periodo anterior más un término proporcional a la diferencia de la evaluación que esos actores hacen del valor vigente de  $VE_r$ , ponderada por la suma de sus fuerzas. Además, se agrega un término exógeno para ensayar variaciones arbitrarias de los pesos y ver sus efectos.

Luego se normalizan los  $P(r)$  mediante la fórmula

$$(3) \quad P(r) = \frac{P(r)}{\sum_{r=1}^{11} P(r)}$$

por la que  $0 < P(r) < 1$  y  $\sum_{r=1}^{11} P(r) = 1$ .

Esto nos permite establecer un área de conflicto: dado un número  $BETA_2$  se halla en el área de conflicto toda  $VE_r$  cuyo  $P(r) > BETA_2$ .

## 2.4 Variación de las características de los actores

### 2.4.1 Variación de la emotividad

$$(4) \quad dEMOT(i) = PAR_{i,1} \sum_j ANTAG(i,j) \cdot CONF - \\ - PAR_{i,2} EMOT(i) + PAR_{i,3} \sum_{P(r) > BETA_2} \\ ([EV(i,r = v(r)) 5] - 5) - PAR_{i,4} AL(i),$$

donde  $AL(i)$  es un variable aleatoria normal de media = 0 y dis-

persión =  $\frac{1}{4}$  HETER  $(i)$ .

La variación de la emotividad de un actor  $i$  depende:

a) del grado de antagonismo con los demás actores multiplicado por la magnitud del conflicto existente en la sociedad.

b) de la emotividad del periodo anterior: dada la transitoriedad de la emotividad se supuso que cuanto más alta fuera en el momento anterior, más rápidamente tenderá a decrecer en el nuevo periodo.

c) de las evaluaciones muy en favor o muy en contra del valor vigente de las  $VE_r$  que están en el área de conflicto. Así, este término sólo actúa cuando algún  $P(r) > BETA_2$  y el módulo de la evaluación es superior a 5, siendo, en tal caso, su influencia proporcional a la diferencia con 5.

d) de una variable aleatoria, de media = 0 y dispersión proporcional a la heterogeneidad del actor.

### 2.4.2 Variación de la heterogeneidad

$$(5) \quad dHETER(i) = \pm [PAR_{i,1} \sum_j ANTAG(i,j) \cdot HETER(i) + \\ + PAR_{i,2} dCONF] + PAR_{i,3} dINF(i) + \\ + PAR_{i,4} PERM(i) - PAR_{i,5} dSOC(i),$$

donde se usa el signo + si HETER ( $i$ ) > BETA<sub>3</sub> y — en el caso contrario.

Se supuso que algunos factores incidían en forma inversa si la heterogeneidad del actor era alta (mayor que BETA<sub>3</sub>) que si era baja (igual o menor que BETA<sub>3</sub>).

En el primer caso se consideró que la heterogeneidad tendía a aumentar cuanto mayor era el antagonismo con los demás actores y cuanto mayor era la heterogeneidad en el periodo anterior. También en este caso las variaciones del conflicto influían en forma directamente proporcional. En el segundo caso los mismos factores actuaban en forma inversa.

Además, el aumento de información tiende a heterogeneizar al actor y viceversa. El ingreso de nuevos miembros implica un aumento de la heterogeneidad, por lo que el grado de apertura del actor influye directamente. Por último, el aumento de consenso lleva a una mayor homogeneidad en las evaluaciones de los miembros del actor, influyendo negativamente sobre su heterogeneidad y viceversa.

#### 2.4.3 Variación de la fuerza

$$(6) \quad dFUER(i) = [PAR_{i,1} dORG(i) + PAR_{i,2} \cdot dEMOT(i) - PAR_{i,3} dHETER(i)] \wedge PAR_{i,4}.$$

La variación de la fuerza de un actor depende en forma directamente proporcional a las variaciones de su organización y de su emotividad y, negativamente, a las variaciones de su heterogeneidad (que afecta la capacidad de sus miembros para actuar en forma conjunta). Se pensó que la fuerza de un grupo no podía disminuir en forma violenta, por lo que se acotó inferiormente la ecuación con la constante PAR<sub>i,4</sub>.

#### 2.4.4 Variación de la información

$$(7) \quad dINF(i) = PAR_{i,1} dTECNO + PAR_{i,2} dFUER(i) + N + PAR_{i,3} AL(i) + PAR_{i,4} \cdot \sum_j dEV(j_{\text{mundo}} = \text{contacto}) + Exógeno(i).$$

La información de un actor varía en forma directamente proporcional a la variación en el nivel tecnológico, de su fuerza (cuan-

to mayor es su poder más fácil sería su acceso a las fuentes de información) y de las evaluaciones que todos los grupos hacen de la existencia de contacto con el resto del mundo (que sería un índice del interés generalizado en la sociedad por aumentar o restringir su información).

Se ha introducido también un factor aleatorio y otro exógeno (que permitirá estudiar la perturbación que causaría la introducción desde afuera de, por ejemplo, la imprenta y libros).

#### 2.4.5 Variación de la organización

(8) Si  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  entonces

$$a) \begin{cases} dORG(i) = PAR_{i,1} \\ \cdot dINF(i) + PAR_{i,2} \\ \cdot dSOC(i) \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} + PAR_{i,3} dCONF \text{ si } V(\text{Gob}) = \\ = \text{Dem At. o total y} \\ EV(i, \text{Gob} = \text{Dem. At.}) > 5 \\ + PAR_{i,4} dCONF \text{ si } V(\text{GOB}) = \\ = \text{Tiranía y} \\ EV(i, \text{GOB} = \text{Tir.}) > 5 \\ - PAR_{i,5} dCONF \text{ si } V(\text{GOB}) = \\ = \text{Tiranía y} \\ EV(i, \text{Gob} = \text{Tir.}) \leq 5 \end{array} \right.$$

$$b) \text{ Si } i = 6, 7, 8, 9 \text{ entonces } \begin{cases} dORG(i) = PAR_{i,6} \\ \cdot dINF(i) + PAR_{i,7} \\ \cdot dSOC(i) \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} + PAR_{i,8} dCONF \text{ si } V(\text{Gob}) = \\ = \text{Dem. At. o total.} \\ - PAR_{i,8} dCONF \text{ si } V(\text{Gob}) = \\ = \text{Tiranía} \end{array} \right.$$

c) Si  $i = 10, 11, 12$  entonces

$$dORG(i) = - PAR_{i,9} dNVIDA(i) VO + PAR_{i,10} [\sum_j \text{ANTAG}(i,j) - \text{BETA}_{26}] VO$$

Se consideró que era diferente en distintos actores:

a) Para los grupos que ocupan posiciones altas (1 a 5), la variación de la organización es directamente proporcional a la de su información (al mejorar o empeorar su conocimiento acerca de la sociedad, los demás actores y sus relaciones) y a la de su consenso (al aumentar o disminuir su interés por mantener el *statu quo*). La variación del grado de conflicto también influiría en ciertas circunstancias:

I. Si la forma vigente de gobierno es alguna de las democracias y el actor evalúa muy favorablemente la forma "democracia ateniense", o si la forma vigente es tiranía y el actor la evalúa muy favorablemente, su organización variará de manera directamente proporcional a la variación del conflicto (aunque en proporción distinta si está vigente algún tipo de democracia o la forma tiránica).

II. Si, en cambio, la forma vigente es la tiranía y el actor la evalúa muy desfavorablemente, la variación del conflicto influirá inversamente sobre la de su organización.

b) En los actores "medios" ( $i=6$  a  $9$ ) también su organización variará en forma proporcional a la de su información y consenso. En cuanto al conflicto, sus variaciones incidirán directamente si la forma de gobierno vigente es democrática, e inversamente si es la tiránica (desfavorable para el desarrollo de todo asociacionismo).

c) Finalmente, los esclavos sólo disminuirán su organización si crece el nivel de vida (el supremo 0 del término impide que actúe al revés) y sólo la aumentarán si su antagonismo con todos los demás actores supera cierto nivel ( $BETA_{26}$ ) y en la medida que lo supere (el supremo 0 impide que este término actúe en forma inversa).

#### 2.4.6 Variación del nivel de vida

$$(9) \quad dNVIDA(i) = PAR_{i,1} \overline{dTECNO} + PAR_{i,2} \cdot dFUER(i) + PAR_{i,3} dEFIC(i),$$

donde  $\overline{dTECNO}$  es un promedio de los  $dTECNO$  anteriores.

El nivel de vida de un actor varía en forma directamente proporcional a las variaciones del nivel tecnológico, de su fuerza y de su eficacia,

#### 2.4.7 Variación de la satisfacción

$$(10) \quad dSATIS(i) = PAR_{i,1} dNVIDA(i) - PAR_{i,2} \cdot dINF(i) + PAR_{i,3} dFUER(i) + PAR_{i,4} dSOC(i) - PAR_{i,5} dHETER(i) + PAR_{i,6} EV[i,Gob = v(Gob)] + PAR_{i,7} AL(i).$$

La variación del grado de satisfacción de un actor depende en forma proporcionalmente directa a las variaciones de su nivel de vida, su fuerza y su consenso, e inversa a las variaciones de su

información (se supuso que los aumentos de información inciden negativamente sobre la satisfacción y viceversa) y su heterogeneidad (que implica discrepancia entre los integrantes del grupo). La evaluación acerca de la forma de gobierno vigente influye directamente sobre la variación de la satisfacción del actor. Por último, se da un término aleatorio.

#### 2.4.8 Variación del consenso

$$(11) \quad dSOC = PAR_{t,1} dSATIS(i) - PAR_{t,2} dPERM(i) - \\ - PAR_{t,3} \sum_j ANTAG(i,j) - PAR_{t,4} CONF + \\ + PAR_{t,5} \left( \sum_r EV [i,r = v(r)] \cdot P(r) - BETA_1 \right) VO.$$

Las variaciones del consenso son influidas en forma directa por las variaciones del grado de satisfacción e, inversamente, por las variaciones de la permeabilidad del actor (que implica un aumento o restricción del posible ingreso de nuevos miembros). Un factor incide sólo en forma positiva: la existencia de "aceptación" del actor de los valores vigentes de las  $VE_r$ , y en la medida en que supere el nivel mínimo a partir del cual se supone que existe tal "aceptación" ( $BETA_1$ ).

Este factor se expresa como la suma de las evaluaciones del actor sobre los valores vigentes de las  $VE_r$ , ponderadas por sus  $P(r)$ , que sufre la constante  $BETA_1$ . En cambio, dos factores sólo influyen disminuyendo el consenso:

- a) la existencia de antagonismos con el resto de los actores.
- b) la existencia de conflicto social.

#### 2.4.9 Variación de la eficiencia

$$(12) \quad dEFIC(i) = PAR_{t,1} dINF(i) + PAR_{t,2} dTECNO - \\ - PAR_{t,3} CONF + PAR_{t,4} AL(i). \quad (12)$$

La variación de la eficacia de un actor es directamente proporcional a la variación de su información (que permitiría una mayor —o menor— racionalidad en la acción social de sus miembros) y de la variación promedio del nivel tecnológico. La existencia de conflicto, en cambio, disminuye su eficacia. Se agregó también un término aleatorio.

#### 2.4.10 Variación de la permeabilidad

$$(13) \quad d\text{PERM}(i) = \text{PAR}_{i,1} d\text{HETER}(i) \pm \text{PAR}_{i,2} \overline{d\text{TECNO}} + \\ + \text{PAR}_{i,3} d\text{EV}[i, \text{Gob} = v(\text{Gob})] + \text{PAR}_{i,4} \text{AL}(i),$$

donde el signo del segundo término es + si  $i = 1, 2, \dots, 8$  y - si  $i = 9, 10, 11, 12$  y  $\text{PAR}_{i,3} \neq 0$  sólo si  $v(\text{Gob}) = \text{Dem. At. o Total}$ , e  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ .

Se supuso que la permeabilidad variaba en forma distinta en diferentes grupos de actores:

a) En los actores 1 a 5 su permeabilidad o apertura varía proporcional y directamente a las variaciones en su heterogeneidad, del nivel tecnológico y de su evaluación sobre la forma democrática vigente.

b) En los actores 6 a 8 se ha suprimido la influencia de la evaluación del gobierno vigente. En el caso de 8 (mujeres), se piensa, por el momento, hacer  $\text{PERM}(8)$  constante.

c) En los actores 9 a 12 no influye la  $d\text{EV}[i, \text{Gob} = v(\text{Gob})]$  y  $\overline{d\text{TECNO}}$  lo hace en forma inversa (así, cuanto más desarrollada es la sociedad tiende a haber menos campesinos y esclavos "útiles").

En todos los grupos influye un término aleatorio.

#### 2.4.11 Correcciones generales a la variación de las características de los actores

Las leyes que hemos dado permiten calcular una primera variación de las  $K_{ik}$ . Esta variación sufre correcciones que nos darán su valor definitivo.

##### 2.4.11.1 Influencia de la emotividad

$$(14) \quad K_{ik} = K_{ik} + dK_{ik} \cdot \text{EMOT}(i) \cdot W_i$$

para todo  $dK_{ik} \neq$  de  $d\text{NVIDA}(i)$  y  $d\text{EFIC}(i)$ .

El nuevo valor de una  $K_{ik}$  es igual al anterior más la primera variación calculada por la emotividad del actor ponderada por una constante  $W_i$ . Este último término no se aplica en los casos de  $d\text{NVIDA}$  y  $d\text{EFIC}$ .

#### 2.4.11.2 Acotación del nuevo valor de los $K_{ik}$

$$(15) \quad K_{ik} = (K_{ik} \vee 0) \wedge 10.$$

$K_{ik}$  no puede valer menos que 0 ni más que 10, aunque la primera variación corregida en la ecuación anterior llevase su valor fuera de esas cotas.

#### 2.4.11.3 Determinación del valor definitivo de las $dK_{ik}$

$$(16) \quad dK_{ik} = K_{ik}(n) - K_{ik}(n-1).$$

La variación definitiva del valor de una  $K_{ik}$  es igual a su nuevo valor menos el valor anterior. De esta forma, los valores de las variaciones son congruentes con los totales.

### 2.5 Variaciones de las características de la sociedad

#### 2.5.1 Variación del conflicto

$$(17) \quad dCONF = BETA_4 \sum_{i,j} ANTAG(i,j) + BETA_5 \sum_i dEMOT(i) - \\ - BETA_6 \sum_i dSOC(i).$$

El grado de conflicto aumenta por la existencia de antagonismo (proporcionalmente a la suma de todos los antagonismos) y, además, varía en forma directamente proporcional a las variaciones de la suma de las emotividades de los actores e inversamente a la de sus consensos (si aumenta la aceptación de las normas vigentes existirá un mayor conformismo, lo que haría disminuir el conflicto).

#### 2.5.2 Variación del nivel tecnológico

$$(18) \quad dTECNO = [BETA_7 dEFIC(\text{Técnicos}) + \\ + BETA_8 dINF(\text{Técnicos}) + BETA_9 dINF(\text{Jefes}) + \\ + BETA_{10} dINF(\text{Filarcas}) + BETA_{11} AL(\text{Técnicos})] \vee 0.$$

La variación del nivel tecnológico es directamente proporcional a la variación de la información de los jefes, filarcas y técnicos (la innovación tecnológica se difunde desde las capas superiores de

pendiendo, por lo tanto, de la información de los grupos que las componen) y de la variación de la eficacia del grupo de los técnicos, así como de un término aleatorio cuya dispersión depende de características de este último grupo.

Como se consideró que el nivel tecnológico no podía descender bruscamente se dio una cota inferior a la variación (momentáneamente 0).

### 2.5.3 Correcciones comunes a la variación de las características sociales

Como en el caso de las  $K_{it}$  tenemos que

$$(19) \quad K_m = [(K_m + dK_m \vee 0] \wedge 10$$

$$(20) \quad dK_m = K_m(n) - K_m(n-1).$$

Es decir, que el nuevo valor de la característica social  $m$  es igual al viejo valor más la variación calculada, acotado en el rango 0, 10 (supremo con 0 e ínfimo con 10). El valor final de la variación es igual al nuevo valor de la característica menos el anterior.

### 2.6.1 Variación de la evaluación del valor vigente de la estructura económica

#### 2.6.1 Variación de la evaluación del valor vigente de la estructura económica

$$(21)a) \text{ Si } NVIDA(i) = BETA_{12} \rightarrow dEV [i, Econ = v(Econ)] = \\ = PAR_{4,1} dTECNO \vee 0 + PAR_{4,2} dNVIDA(i) \wedge 0 + \\ + PAR_{4,3} dSOC(i) - PAR_{4,4} dCONF \vee 0 - \\ - PAR_{4,5} ([FUER(i) - NVIDA(i) - 3] \vee 0)$$

$$b) \text{ Si } NVIDA(i) = BETA_{12} \rightarrow dEV [i, Econ = v(Econ)] = \\ = PAR_{4,6} dNVIDA(i).$$

Se ha supuesto que los actores de alto nivel de vida enjuician el sistema económico vigente con otros criterios que los empleados por los de bajo nivel de vida.

En el primer caso se consideró que ciertas variables influyen sólo en una dirección:

I. El crecimiento del nivel tecnológico en los últimos periodos llevaría a mejorar la opinión acerca del sistema económico vigente.

En cambio, la disminución de ese nivel no afecta dicha opinión.

II. Los actores de alto nivel de vida empeoran su evolución si este nivel decrece, deteriorándose su posición. En cambio, no la mejoran si el nivel crece (lo que se indica en la ecuación con el ínfimo con 0 de ese término).

III. También disminuyen su evaluación si el conflicto social aumenta (existe una mayor inestabilidad), pero no la mejoran cuando disminuye.

IV. El término

$$[\text{FUER}(i) - \text{NVIDA}(i) - 3] \vee 0$$

indica un caso de incongruencia de *status* del actor, en la que su fuerza es ostensiblemente mayor que su nivel de vida (por lo menos, más que 3 según ese término), que lleva al actor a juzgar negativamente el sistema económico vigente.

En cambio, las fluctuaciones del consenso del actor inciden tanto positiva como negativamente en su evaluación.

Para los grupos de bajo nivel de vida se ha supuesto que su evaluación sufre variaciones directamente proporcionales a las de sus niveles de vida, que es su único criterio para juzgar el sistema económico vigente en esta versión del modelo.

#### *Evaluación del valor no vigente del sistema económico*

Se mantiene la hipótesis inicial según la que  $EV[i, r = v(r)] = -EV[i, r \neq v(r)]$  por lo que

$$(22) dEV [i, \text{Econ} \neq v(\text{Econ})] = -dEV [i, \text{Econ} = v(\text{Econ})].$$

#### 2.6.2 Variación de la evaluación de la forma de gobierno vigente

$$(23)a) \text{ Si } \text{CONF} < \text{BETA}_{13} \rightarrow dEV [i, \text{Gob} = v(\text{Gob})] = \\ = \text{PAR}_{4,1} d\text{NVIDA}(i) + \text{PAR}_{4,2} d\text{SOC}(i) - \\ - \text{PAR}_{4,3} [\text{NVIDA}(i) - \text{FUER}(i) - 3] \vee 0.$$

$$b) \text{ Si } \text{CONF} > \text{BETA}_{13} \rightarrow dEV [i, \text{Gob} = v(\text{Gob})] = \\ = -\text{PAR}_{4,4} d\text{CONF} \vee 0 - \\ - \text{PAR}_{4,5} IEV[i, r = v(r)] - EV[1, r = v(r)] I + \\ + \text{PAR}_{4,6} d\text{SOC}(i) \vee 0 - \text{PAR}_{4,7} [\text{NVIDA}(i) - \\ - \text{FUER}(i) - 3] \vee 0.$$

Los actores enjuician la forma de gobierno vigente de manera distinta cuando el grado de conflicto es bajo que cuando es alto (mayor o igual a  $BETA_{13}$ ).

En el primer caso, su variación depende positivamente de las variaciones del nivel de vida y del consenso del actor, y negativamente (aunque sólo para empeorar su evaluación) de la incongruencia de *status* producida aquí cuando el actor tiene un nivel de vida ostensiblemente mayor que su fuerza.

Si el conflicto es alto, en cambio, su aumento sólo influye negativamente, en tanto que las variaciones del consenso ahora sólo lo hacen positivamente. Además, los actores tienden a empeorar su juicio en la medida en que sus evaluaciones sobre los valores vigentes de todas las  $VE_r$ , se diferencian de las de los profilarcas (lo que indicaría la medida de las "discrepancias ideológicas" con los detentadores del poder político). Por último, también influye la incongruencia de *status*, aunque su incidencia es distinta que en el caso anterior (los parámetros son diferentes).

Si está vigente la forma "democracia ateniense" en ambos casos las variaciones de la evaluación dependen de otro término:

$$(23)c) \text{ Si } v(\text{Gob}) = \text{Democ. At.} \rightarrow dEV [i, \text{Gob} = v(\text{Gob})] = \\ = dEV [i, \text{Gob} = v(\text{Gob})] + PAR_{i,8} EV (i, \text{Esclav} = \text{sí})$$

es decir, de la opinión que tiene el actor sobre la existencia de esclavitud.

*Variación de la evaluación de las formas de gobierno no vigentes*

Se ha supuesto que:

$$(24) dEV [i, \text{Gob} \neq v(\text{Gob})] = - \frac{2}{3} dEV [i, \text{Gob} = v(\text{Gob})].$$

2.6.3 Variación de la evaluación de la educación "literaria"

$$(25) dEV (i, \text{Educ} = \text{Liter}) = - PAR_{i,1} dTECNO - \\ - PAR_{i,2} dNVIDA + PAR_{i,3} dEV (i, \text{Comod} = \text{Ascet}) + \\ + PAR_{i,4} AL(i)$$

$$\text{y además si } v(\text{Educ}) = \text{Literaria } dEV (i, \text{Educ} = \text{Liter}) = \\ = dED (i, \text{Educ} = \text{Liter}) + PAR_{i,5} SOC(i) + \\ + PAR_{i,6} EV (i, \text{Esc} = \text{sí}).$$

Los actores varían su evaluación en forma inversamente proporcional a las fluctuaciones del nivel tecnológico y de su propio nivel de vida, y directamente proporcional a las de su evaluación acerca de una concepción ascética de las comodidades materiales. Influye, además, un término aleatorio.

Si la educación "literaria" es la vigente, se consideró que inciden directamente sobre su evaluación el grado de consenso del actor y su evaluación acerca de la existencia de esclavitud.

*Variación de la evaluación de la educación técnica*

$$(26) \quad dEV(i, \text{Educ} = \text{Técnica}) = - dEV(i, \text{Educ} = \text{Liter}).$$

2.6.4 Variación de la evaluación sobre la organización militar basada en fuerzas profesionales

$$(27) dEV(i, \text{MILIT} = \text{Profe}) = \text{PAR}_{i,1} dEV(i, \text{Relig} = \text{Prosel}) + \\ + \text{PAR}_{i,2} d\text{TECNO} + \text{PAR}_{i,3} d\text{NVIDA}(i) + \\ + \text{PAR}_{i,4} dEV(i, \text{Mundo} = \text{contacto}).$$

La evaluación de cada actor varía en forma proporcional a las variaciones de sus evaluaciones sobre una religión proselitista, sobre la necesidad de que su sociedad esté en contacto con las demás naciones (que impulsa el incremento de sus sistemas de defensa), a las variaciones del nivel tecnológico (que incide sobre la especialización de los funcionarios) y de su propio nivel de vida.

*Variación de la evaluación de la organización militar basada en milicias*

$$(28) \quad dEV(i, \text{Milit} = \text{Milicias}) = - dEV(i, \text{Milit} = \text{Profe}).$$

2.6.5 Variación de la evaluación del sistema religioso "tolerante"

$$(29) \quad dEV(i, \text{Relig} = \text{Toler}) = \text{PAR}_{i,1} d\text{NVIDA}(i) + \\ + \text{PAR}_{i,2} \text{INF}_i \text{AL}(i) - \text{PAR}_{i,3} d\text{CONF} + \text{Exógeno}(i).$$

La variación de las evaluaciones de los actores sobre la existencia de un orden religioso tolerante depende directamente de la variación de su nivel de vida, inversamente de la variación del grado de conflicto social y de:

- a) un término aleatorio que depende de su información;
- b) un término exógeno manejable por el experimentador y que

permite, por ejemplo, introducir predicadores muy proselitistas y sectarios en Utopía (cuyo sistema inicial es tolerante) para observar las perturbaciones que producirían.

*Variación de la evaluación del sistema religioso proselitista*

Como en otros casos tenemos que:

$$(30) \quad dEV(i, \text{Relig} = \text{Prosel}) = -dEV(i, \text{Relig} = \text{Toler}).$$

2.6.6 Variación de la evaluación sobre la forma "policial" de mantenimiento del orden interno.

$$(31) \ a) \text{ Si } \text{CONF} < \text{BETA}_{14} \rightarrow dEV(i, \text{Orden} = \text{Policial}) = 0.$$

$$\begin{aligned} b) \text{ Si } \text{CONF} \geq \text{BETA}_{14} \rightarrow dEV(i, \text{Orden} = \text{Policial}) = \\ = \text{PAR}_{i,1} (\text{CONF} - \text{BETA}_{14}) - \text{PAR}_{i,2} dNVIDA(10) + \\ + \text{PAR}_{i,3} \sum dEV(j, \text{Relig} = \text{Prosel}). \end{aligned}$$

$i \neq 10, 11, 12.$

Vemos que un actor modifica su juicio de manera distinta según exista o no una situación de gran conflicto (mayor o igual a  $\text{BETA}_{14}$ ). En el segundo caso los actores no cambian su opinión acerca de las formas posibles de mantener el orden interno en Utopía.

Pero cuando el grado de conflicto es alto, el actor (salvo los esclavos cuyas evaluaciones no varían —son siempre desfavorables—) considera que es preferible asegurar el orden policialmente, modificando su evaluación en forma directamente proporcional a la medida en que el conflicto supere la cota crítica e inversamente proporcional a la suma de la variación de la evaluación de todos los actores acerca del sistema religioso proselitista (que en sociedades como Utopía representa una ideología anti *statu quo*). También inciden en forma inversamente proporcional las variaciones del nivel de vida de los esclavos —se toma  $dNVIDA(10)$  como indicador—, dado que determinan condiciones de desorden.

*Variación de la evaluación del sistema "socializado" de mantener el orden interno*

También en este caso suponemos que:

$$(32) \quad dEV(i, \text{Orden} = \text{Social}) = -dEV(i, \text{Orden} = \text{Policial}).$$

### 2.6.7 Variación de la evaluación de la asignación de roles por adscripción

$$(33) dEV (i, Roles = Ads) = PAR_{i,1} dEV (i, Econ = Planif) - \\ - PAR_{i,2} dEV (i, Flia = Liberal) + \\ + PAR_{i,3} dEV (i, Gob = Tiranía) + PAR_{i,4} Al (i).$$

Las variaciones de esta evaluación dependen en forma directamente proporcional de las variaciones de las evaluaciones sobre el sistema económico planificado y la forma de gobierno tiránica, e inversamente proporcional a las variaciones de la evaluación que hace el actor sobre la organización liberal de la familia. Por último, se ha supuesto que esta variación depende también de un factor aleatorio.

### *Variación de la evaluación de la asignación de roles por adquisición*

Como en otros casos tenemos que:

$$(34) dEV (i, Roles = Adquisición) = - dEV (i, Roles = Adscripción).$$

### 2.6.8 Variación de la evaluación sobre las orientaciones "sibarita" y "ascética" frente a las comodidades materiales

$$(35) a) \text{ Si } NVIDA(i) < BETA_{15} \rightarrow dEV (i, Comod = Sib) = 0.$$

$$b) \text{ Si } NVIDA (i) \geq BETA_{15} \rightarrow dEV (i, Comod = Sib) = \\ = PAR_{i,1} dNVIDA (i) + PAR_{i,2} dINF (i) + \\ + PAR_{i,3} dTECNO + Exógeno (i).$$

El cambio de este juicio es diferente en los actores si su nivel de vida es alto o bajo con respecto a  $BETA_{15}$ . En el segundo caso el juicio no varía. En el primero la variación de la evaluación depende de las variaciones del nivel de vida y la información de cada actor y del nivel tecnológico. Se ha agregado, además, un término exógeno.

La evaluación de la alternativa varía como en los otros casos:

$$(36) dEV (i, Com = Ascet) = - dEV (i, Comod = Sib).$$

### 2.6.9 Variación de la evaluación de la esclavitud

$$(37) a) \text{ Si } i = 10, 11, 12 \rightarrow dEV (i, Escl = no) = 0.$$

$$b) \text{ Si } i \neq 10, 11, 12 \rightarrow dEV(i, Escl = \text{no}) = PAR_{i,1} dTECNO + \\ + PAR_{i,2} dINF(i) + PAR_{i,3} dEV(i, Relig = \text{Prosel}) + \\ + PAR_{i,4} P(Escl). \quad dCONF.$$

Se ha supuesto que los esclavos (actores 10, 11 y 12) apoyan la supresión de la esclavitud y no varían su posición. El juicio de los actores no esclavos varía en forma proporcional a la variación de su información, de su evaluación sobre la existencia de una religión proselitista (una religión de este tipo es anti *statu quo* en Utopía), del nivel tecnológico y del grado de conflicto por el peso de la VE esclavitud.

La evaluación de la alternativa varía como en otros casos:

$$(38) \quad dEV(i, Escl = \text{sí}) = - dEV(i, Escl = \text{no}).$$

2.6.10 Variación de la evaluación de las relaciones de Utopía con el resto del mundo

$$(39) \quad dEV(i, Mundo = \text{Contacto}) = PAR_{i,1} dTECNO - \\ - PAR_{i,2} dCONF + \text{Exógeno}(i).$$

El juicio de cada actor varía de manera directamente proporcional a la variación del nivel tecnológico e inversamente a la variación del grado de conflicto. Se agrupó, además, un factor exógeno (mediante el que se pudiese reflejar, por ejemplo, la llegada de Moro y sus compañeros o —en un ejemplo empírico— el arribo de Perry al Japón).

La variación de la evolución de la otra alternativa es:

$$(40) \quad dEV(i, Mundo = \text{Aisl}) = - dEV(i, Mundo = \text{Contacto}).$$

2.6.11 Variación de la evaluación acerca de la organización familiar

$$(41) \quad dEV(i, Fam = \text{Patern}) = - PAR_{i,1} dTECNO - \\ PAR_{i,2} dINF(i) + PAR_{i,3} dEV(i, Roles = \text{Ads}) + \text{Exógeno}(i).$$

La evaluación de cada actor varía en forma inversa a la variación de su información y a la variación del nivel tecnológico, y de manera proporcionalmente directa a la variación del sistema de asignación de roles por adscripción. Como en otros casos, la evaluación de la otra alternativa es:

$$(42) \quad dEV (iFam = Liberal) = -dEV (iFam = Patern).$$

### 2.6.12 Modificación de las evaluaciones de los actores por su grado de consenso

Además de los factores que influyen en los actores para variar sus evaluaciones sobre los posibles valores de las VE, es evidente que, en este proceso, incide fuertemente la posición de cada actor frente al *statu quo*.

En el modelo hemos querido reflejar esta circunstancia del siguiente modo: a la nueva evaluación que teóricamente debía tener cada actor

$$(43) \quad EV(i,r = a) = EV(i,r = a) + dEV(i,r = a),$$

agregamos la modificación que sigue:

$$(44) \quad a) \text{ Si } SOC(i) > BETA_{16} \rightarrow EV[i,r = v(r)] = \\ = EV[i,r = v(r)] + PAR_{i,1} P(r) \cdot SOC(i) \cdot \\ \cdot (10 - EV[i,r = v(r)]).$$

$$b) \text{ Si } SOC(i) < BETA_{25} \rightarrow EV[i,r = v(r)] = \\ = EV[i,r = v(r)] + PAR_{i,2} P(r) \cdot EMOT(i) \cdot \\ \cdot (-10 - EV[i,r = v(r)]).$$

Por esta ecuación los actores se dividen en tres grupos:

a) Los que tienen un consenso alto (mayor que  $BETA_{16}$ ). Estos actores tienden a mejorar su evaluación de los valores vigentes de las VE, tanto más cuanto mayor sea el peso de la VE, cuanto mayor sea su consenso y cuanto más lejos esté su evaluación de la máxima evaluación posible del valor vigente de la VE.

b) Los que tienen un consenso regular (menor que  $BETA_{16}$  y mayor que  $BETA_{25}$ ). Estos actores no modifican sus evaluaciones.

c) Los que tienen un consenso muy bajo (menor que  $BETA_{25}$ ).

Estos actores tienden a empeorar su evaluación tanto más cuanto mayor sea el peso de la VE en cuestión, cuanto mayor sea su emotividad y cuanto más lejos se halle su evaluación de la peor evaluación posible del valor vigente de la VE.

### 2.6.13 Modificación de las evaluaciones por efecto de una polarización

Un fenómeno social habitual es la alianza de diversos actores en dos o más coaliciones antagónicas, situación que los lleva frecuentemente a modificar sus juicios. En nuestro modelo esta circunstancia se refleja en la modificación de las evaluaciones de los actores por efecto de una polarización entre dos fracciones (puede eventualmente hacerse en más) encabezadas por dos actores fuertes y muy antagónicos. La ecuación es la siguiente:

- (45) a) Si  $CONF > BETA_{18}$  y
- b) dos actores  $i_1$  e  $i_2$  son tales que
- I)  $FUER(i_1), FUER(i_2) > BETA_{17}$  y
- II)  $ANTAG(i_1, i_2) \geq ANTAG(i, j)$ , para todo  $i, j$  tales que  $FUER(i), FUER(j) > BETA_{17}$ , y
- III)  $ANTAG(i_1 i_2) > BETA_{19}$ , y
- c)  $P(r) > BETA_{20}$  y
- d)  $ANTAG(i, i_1) < ANTAG(i, i_2)$ , entonces
- $$EV [i, r = v(r)] = EV [i, r = v(r)] + BETA_{21} \cdot [10 - ANTAG(i, i_1)] \cdot (EV [i_1, r = v(r)] - EV [i, r = v(r)]).$$

Las condiciones que se piden en esta ecuación para que exista polarización son:

- a) que exista un alto grado de conflicto (mayor que  $BETA_{18}$ );
- b) que existan dos actores con gran fuerza (mayor que  $BETA_{17}$ ) cuyo antagonismo sea mayor que el existente entre todos los actores de gran fuerza y, además, suficientemente agudo (mayor que  $BETA_{19}$ ).

Entonces, para que otro actor  $i$  se incluya en la fracción encabezada por alguno de los dos anteriores, es preciso que su antagonismo con éste sea menor que el que tiene con el otro.

En este caso modificará sólo las evaluaciones sobre las  $VE_r$  que se hallen dentro del área de conflicto o próximas a ella (cuyos  $P(r)$  sean mayores que  $BETA_{20}$ ).

Si se dan todas estas condiciones, entonces el actor  $i$  variará sus evaluaciones sobre el valor vigente (y consecuentemente sobre

el o los valores no vigentes). de esas  $VE_r$ , aproximándolas a las evaluaciones del actor que encabeza la fracción, en tanto mayor medida cuanto menor sea su antagonismo con él y cuanto mayor sea la diferencia de sus evaluaciones.

#### 2.6.14 Corrección final de las evaluaciones y sus variaciones

Dado que las evaluaciones se miden en una escala convencional que va de  $-10$  a  $10$ , y que eventualmente sus variaciones podrían llevarlas fuera de ese rango, tenemos que

$$(46) \quad EV(i,r = a) = [EV(i,r = a) \vee -10] \wedge 10.$$

Y para que las variaciones resulten congruentes con esta acotación, el valor final de la variación será:

$$(47) \quad dEV(i,r = a) = EV(i,r = a) (n) - EV(i,r = a) (n-1),$$

es decir, igual a la diferencia entre el nuevo y el viejo valor de la evaluación.

#### 2.7. Cambio de los valores vigentes a las variables de estado

Se ha dado en este primer modelo una fórmula única y relativamente simple para todas las variables de estado: el cambio del valor vigente de una variable de estado es determinado por una ley probabilística que depende de las evaluaciones que todos los grupos hacen del valor vigente y el o los no vigentes, ponderadas por sus respectivas fuerzas.

Definimos evaluación media del valor  $a$  de la estructura  $r$  como

$$(48) \quad EM(r,a) = \sum_i \frac{FUER(i)}{\sum_j FUER(j)} \cdot EV(i,a),$$

es decir, la suma de la evaluación hecha por cada actor ponderada por la fuerza relativa de dicho actor con respecto a la fuerza de los demás.

A partir de ella damos la siguiente ley de cambio de los valores vigentes de una variable de estado:

$$(49) \quad \begin{array}{l} a) \text{ Si } EM[r, -v(r)] < PAR_{r,1} \text{ y} \\ b) \text{ } EM(r,a_m) = \text{máximo de los } EM(r,a) \text{ con } a \neq v(r), \end{array}$$

entonces  $V(r) = a_m$  con probabilidad =  $PAR_{r,2}$  .  
EM ( $r, a_m$ ).

O sea; para que el cambio se produzca exigimos que la evaluación media del valor vigente de la variable de estado  $r$  sea muy baja (en principio será  $PAR_{r,1} < 0$ ).

En este caso será tanto más probable que este valor cambie cuanto mayor sea la evaluación media del candidato más seguro a reemplazarlo (que es, de las otras alternativas, la de mayor valor medio). Debemos señalar que esta fórmula no implica un proceso tan simple de cambio de valor vigente como podría parecer si no se tomara en cuenta el contexto dado por el resto de las ecuaciones del modelo. En efecto, el concepto de EM( $r, a$ ) recoge todos los efectos directos e indirectos producidos por el resto de ecuaciones sobre las evaluaciones y la fuerza de los actores.

Así, por ejemplo, sobre la EM de los valores posibles del sistema de gobierno influyen en primer lugar las siguientes variables:

a) A través de las evaluaciones del valor vigente del sistema de gobierno hechas por cada actor:

CONF

SOC (consenso)

NVIDA ( $i$ )

Incongruencia de *status* del tipo FUER ( $i$ ) > NVIDA ( $i$ ).

Discrepancias "ideológicas" con los protofilarcas

$$( | EV [i, r = v(r)] - EV [1, r = v(r)] | )$$

a las que hay que sumar las eventuales influencias del consenso y polarización.

b) A través de la fuerza de cada actor:

ORG ( $i$ )

EMOT ( $i$ )

HETER ( $i$ ).

A su vez, cada una de estas variables recibe la influencia de otras y así sucesivamente.

Independientemente de estas consideraciones estamos estudiando más a fondo el sentido y los efectos del cambio de los valores vigentes, sobre todo en lo que se refiere a su congruencia con la existencia de Utopía y con el resto de valores vigentes de las VE. En esta etapa sólo nos interesa estudiar la estabilidad de Utopía,

y por lo tanto nos basta saber si hay cambios muy probables o no (y no lo que sucede después).

## EL MÉTODO DE EXPERIMENTACIÓN NUMÉRICA APLICADO AL ESTUDIO DE UN FENÓMENO SOCIOLÓGICO

### 1. *La utilidad del empleo de modelos matemáticos*

Dos de las principales dificultades para elaborar una teoría de la dinámica social son:

a) *La complejidad*: ningún hecho social puede explicarse por uno o dos factores solamente; siempre hay un conjunto considerable que incide en forma pareja.

b) *La dificultad de producir u observar hechos sociales respectivamente bajo condiciones controladas*, de experimentar con hechos sociales para discriminar y verificar cuáles son las variables independientes que los determinan y cómo los determinan.

La elaboración de modelos matemáticos ofrece una oportunidad para superar este último inconveniente. En efecto, ellos pueden enfocarse como laboratorios ideales en los que, dadas ciertas leyes sociales, podemos controlar los valores de las variables (las condiciones del experimento) y observar sus variaciones en cada circunstancia y tantas veces como queramos.

Bajo este aspecto los modelos empleados clásicamente en economía y sociología presentan algunas desventajas:

a) *Rigidez*: la elaboración de un modelo supone la existencia de un conjunto de hipótesis definidas. En los modelos tradicionales un cambio significativo en alguna de esas hipótesis implica, por lo general, un cambio completo del modelo. Esto supone un gran gasto de "capacidad matemática" para la elaboración de modelos.

b) *Simplicidad*: para que un modelo tradicional sea fácticamente resoluble es preciso que sea relativamente simple, por lo que muchas veces no resuelve la primera dificultad señalada.

### 2. *El método de experimentación numérica*

Con el método de experimentación numérica se pretendió superar estos inconvenientes, mediante un uso intenso de computadoras electrónicas, en el estudio de procesos sociales dinámicos. La finalidad de este método es operar con un modelo complejo

—por el número de sus variables y la forma de sus relaciones— que permita un fácil reemplazo de variables y de las hipótesis sobre sus relaciones, para comparar los resultados emergentes con comportamientos del proceso estudiado que la experiencia indica como razonables. Así, es posible irse aproximando sucesivamente a una descripción adecuada de una realidad empírica con el sistema de “ensayo y error”. Cada reemplazo, supresión o agregado de una variable o de una ley de relación entre variables, da lugar a un conjunto de experimentos numéricos. Llamamos “modelo de simulación” al tipo de modelo matemático con el que se opera.

Las etapas de un trabajo con este método son las siguientes:

- a) Formalización de un modelo inicial.
- b) Primera estimación de los valores iniciales de las variables y valores de los parámetros —coeficientes que indican el peso de las variables independientes en la determinación de las variables dependientes.
- c) Puesta a punto del modelo inicial.
- d) Experimentación, en la que hay que resolver dos problemas básicos:

I. Elección de las variables significativas para medir y comparar los experimentos.

II. Elección de los experimentos significativos a realizar.

## 2.1 *Formalización de un modelo inicial*

El modelo consiste en un conjunto de variables, a las que se les asignan ciertos valores iniciales, y de sus leyes de variación. Definida la duración de un periodo (que puede ser variable), la computadora calcula iterativamente los valores que van tomando las variables en cada periodo a lo largo del tiempo. Pero, ¿cómo se hace el modelo?

Llamemos “sistema” al objeto de estudio (en grupo social, una sociedad global real o ideal, etcétera). Nos interesa estudiar procesos dinámicos en el sistema. El primer paso consiste en especificar claramente cuáles procesos y en qué condiciones. Para ello hay que dar una lista completa de las propiedades del sistema que interesan y de los factores que se supone intervienen, causal o aleatoriamente. Cada una de estas propiedades o factores es una variable del modelo. Luego es preciso establecer las relaciones funcionales entre las variables. Como puede verse en el modelo inicial de Utopía, es posible expresar relaciones complejas, que incluyan alternativas lógicas, variables aleatorias, variables exógenas (manejables por el experimentador) y cualquier tipo —en principio— de función algebraica o diferencial, lineal o no. Tam-

bién los diferentes estados que pueden tomar las variables pueden ser valores numéricos o alternativas cualitativamente diferentes.

Recalquemos que este tipo de modelo permite describir y estudiar *procesos cualitativos* (como la estabilidad o el cambio en una sociedad global). Por otra parte, las conclusiones a las que se puede llegar con la experimentación numérica son también fundamentalmente de tipo cualitativo, aun cuando se estudien procesos cuantitativos.

Es necesario que el modelo sea "completo", es decir, que se le haya asignado a toda variable una ley de variación endógena (una relación funcional entre las variables) o exógena.

El modelo será "congruente" cuando no existan en él contradicciones lógicas o empíricas. En un modelo como el de Utopía las contradicciones lógicas (por ejemplo, la utilización de una misma variable con dos sentidos apenas diferentes que llevan a ecuaciones incompatibles) sólo pueden ser, en principio, tan groseras y evidentes que son fácilmente perceptibles. La congruencia empírica, en cambio, es un criterio de experiencia para juzgar la razonabilidad del comportamiento y otros aspectos del modelo. Así, por ejemplo, en el caso de Utopía, sería contradictorio que el grado de conflictos sociales aumentase mientras disminuyera ostensiblemente el antagonismo entre los grupos.

## 2.2 *Primera estimación de valores*

### 2.2.1 Valores iniciales de las variables

¿Qué valores se pueden asignar a distintos estados de una variable? Existen dos casos opuestos:

a) Que empíricamente el estado de una variable sea identificado por un número (por ejemplo, el ingreso de una familia, de un grupo social, etcétera). No hay problema entonces para asignarle valores numéricos.

b) Que cada estado empírico de una variable sea cualitativamente distinto de otro (por ejemplo, un sistema de gobierno que sólo pueda ser dictatorial o democrático). Esto se puede expresar en el modelo (si se conocen todos los estados cualitativamente distintos que pueden tomar las variables) asignando a cada estado símbolos sin relación numérica entre sí.

Entre estos dos casos extremos existen otros en que los distintos estados que puede tomar una variable, si bien no son identificados empíricamente con números, tienen propiedades de orden que

pueden ser recogidas en una escala convencional. Así, por ejemplo, la opinión de un grupo social sobre el sistema de gobierno vigente en la sociedad puede ser descrita como “muy en contra”, “regularmente en contra”, “poco en contra”, “indiferente”, “poco a favor”, etcétera. En este caso podría asignar una escala convencional de  $-3$  a  $3$  que expresara cada uno de esos estados de la variable “opinión del grupo  $i$  acerca del sistema de gobierno vigente”.

Veamos ahora cómo se asignan los primeros valores iniciales a las variables.

Si hay datos empíricos sobre ellos, sólo es preciso ajustarlos a las condiciones del modelo. Lo más frecuente, sin embargo, es que sean insuficientes o —como en el caso de Utopía— inexistentes. Esto no impide elaborar el modelo ni utilizar el método de experimentación numérica que, justamente, tiene como una de sus finalidades el permitir trabajar con información precaria.

En el caso de inexistencia, como el de Utopía, los valores asignados son hipotéticos y se determinan utilizando toda la información indirecta posible (descripción de Moro, descripción de sociedades con características similares a Utopía, inferencias basadas en ciertas constantes sociales, etcétera).

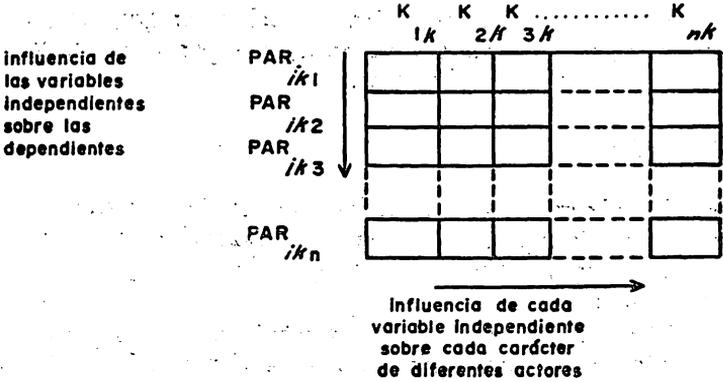
Cuando las variables se miden numéricamente (según una escala convencional especial o no) conviene determinar, si se puede, relaciones entre sus valores iniciales. Así, por ejemplo, en Utopía, los valores iniciales de las características y nivel de vida de un actor deben guardar cierta relación entre sí y con respecto a los de los otros actores. Establecida esta relación se asigna un nivel razonable a algún valor y quedan determinados los demás (lo que puede servir para corregir la estimación de alguna relación). Posteriormente se tratará de corregirlos, haciendo experiencias numéricas con los grupos de valores relacionados multiplicándolos cada vez por números distintos (es decir, variando sus niveles sin alterar sus valores relativos).

### 2.2.2 Primera estimación de los valores de los parámetros

Los parámetros indican, en cada ley de variación de una variable, la influencia de las variables independientes en la determinación de la variable dependiente.

Si la ley ha sido verificada y los parámetros estimados estadísticamente, sólo hay que copiarlos. Pero lo más común será que no haya estimación estadística ni exista una ley verificada, sino meras hipótesis de leyes en las que puede o no hacerse referencia al peso relativo de cada variable independiente. Entonces se pro-

cede en forma similar a lo hecho con los valores iniciales de las variables. Un ejemplo de cómo se procedió en Utopía puede aclarar el método. Llamaremos  $K_{ik}$  a la característica  $k$  del actor  $i$  y  $PAR_{ikp}$  al parámetro que mide la influencia de la variable independiente  $p$  sobre la variable dependiente  $K_{ik}$ . Supongamos que la misma característica de distintos actores depende de las mismas variables independientes. Podemos, entonces, construir la matriz siguiente:



Aquí existen dos tipos de relaciones entre los elementos de la matriz (cada uno de los parámetros):

- a) vertical: la relación entre los elementos de una columna está dada por las influencias relativas de cada variable independiente sobre la variable dependiente que encabeza la columna;
- b) horizontal: la relación entre los elementos de una fila está dada por las influencias relativas de una variable independiente sobre la característica  $k$  de cada actor social.

Si se definen las hipótesis necesarias para establecer los dos tipos de relaciones, basta luego dar un nivel = 1 a un parámetro para determinar luego los valores relativos de los restantes. Luego se pueden multiplicar todos los parámetros cada vez por distintos índices, para encontrar el nivel que dé resultados más aceptables. Se puede ensayar también con diversas hipótesis acerca de las relaciones entre los valores de los parámetros.

### 2.2.3 Puesta a punto del modelo inicial

En esta etapa se procede a la "sintonización gruesa" de la experimentación y está destinada a conocer las características y fallas más evidentes del modelo. Por ejemplo:

#### a) Características:

I. Estimación gruesa de la sensibilidad del modelo a cambios en los valores iniciales y valores paramétricos (verificar cuáles son los órdenes de magnitud mínimos de cambios que producen alteraciones significativas en los resultados).

II. Determinación de las variables y ecuaciones estratégicas en el modelo (las que tienen, en principio, mayor influencia en el comportamiento del modelo).

Para detectarlas se realizan ensayos multiplicando los valores iniciales y los parámetros (en general y por grupos) por números fijos, reemplazando leyes endógenas por exógenas y comparando los resultados obtenidos.

#### b) Fallas:

Pueden observarse aplicando los criterios de "congruencia empírica" y de "comportamiento empírico razonable" a los ensayos. Correlativamente algunos de los tipos de fallas que se pueden detectar son:

I. Existencia de contradicciones empíricas graves y evidentes (recuérdese el ejemplo dado antes para Utopía). Si existen hay que tratar de establecer su causa dentro del modelo.

II. Irrazonabilidad del comportamiento general del modelo. Así, por ejemplo, si el grado de conflicto crece con rapidez en contradicción con lo esperado para una sociedad como Utopía. Como antes, se tratará de establecer su causa dentro del modelo.

III. Que sea evidentemente irrazonable que una variable o ecuación que resultó estratégica tenga tal carácter. Si esto sucede puede revelar una falla gruesa en el modelo teórico sobre el que se elaboró el de simulación.

Cuando el modelo comienza a comportarse "razonablemente" o cuando es imposible detectar con cierta facilidad sus características o las causas de sus fallas se pasa a la siguiente etapa del trabajo.

### 2.2.4 Experimentación

Llamamos así a la etapa del trabajo de realización de ensayos en forma más fina y sistemática. Eventualmente puede referirse a ciertos aspectos del modelo en tanto que, para otros, se continúa con la puesta a punto.

Veamos los problemas básicos que es preciso resolver en esta etapa.

#### 2.2.4.1 Elección de variables significativas para medir y comparar experimentos

No es necesario ni conveniente (desde el punto de vista práctico) que el experimentador observe el estado de cada variable en cada periodo de un ensayo (el número de periodos que constituye un ensayo es variable y depende de los propósitos del investigador). Tendría que analizar miles de números por ensayo y con la experimentación numérica se trata de realizar de cientos a miles de ensayos en el estudio de un proceso.

Por consiguiente, es preciso elegir qué es lo que se va a observar y establecer cuáles son los criterios de comparación. En este momento se está estudiando la elaboración de métodos sistemáticos —como el método de componentes principales— para resolver el problema. Entre tanto, una solución inicial puede constituir la elección, por parte del experimentador, de un grupo de variables consideradas más significativas en base a criterios teóricos y empíricos, así como la selección de periodos determinados para analizar los resultados.

#### 2.2.4.2 Elección de experimentos significativos

De acuerdo con sus propósitos (cambiar una ley, introducir una nueva variable —exógena o endógena—, etcétera), el experimentador elige un conjunto de experimentos posibles. Generalmente forman este conjunto un número enorme de ensayos. Es preciso, entonces, elegir un número limitado de ellos que sean significativos, lo que se hace en base a ciertas hipótesis y mediante la aplicación de técnicas de diseño de experimentos. Estas técnicas, si bien aún se hallan en estudio para su adaptación al método de experimentación numérica con empleo de grandes modelos, ya están siendo aplicadas en modelos de simulación en el Instituto de Cálculo.

Veamos un ejemplo de un problema típico: sea un modelo con 300 parámetros —en Utopía son más de 1,000— y que se desee estimar su sensibilidad sólo para cambios a tres niveles distintos de cada parámetro. El número de experimentos necesarios para probar todas las combinaciones sería  $3^{300}$ . Una de las hipótesis corrientes que se aplica a un caso así, es el suponer que las variaciones que interesan se refieren a grupos enteros de parámetros y no a cada uno aisladamente. A partir de supuestos como éste se utiliza la técnica de diseños de experimentos, y se definen los experimentos a realizar.

Responsables: C. Domingo (U.C.V.) y O. Varsavsky (I.C.).

Colaboradores: J. Ahumada (CENDES), J. Barcón (U.C.V.), J. Sábato (I.C.), J. Silva Michelena (CENDES) y O. Vainstok (Depto. de Sociología, UNBA).

Este trabajo prosigue en paralelo en Caracas (Universidad Central de Venezuela y Centro de Desarrollo) y Buenos Aires (Instituto de Cálculo).

#### RESUMEN.

El presente trabajo tiene dos objetivos: uno circunstancial, estudiar el sistema social de la *Utopía* de Moro y otro, el principal, ensayar el método de simulación matemática en un problema complicado, en el que la información no viene cuantificada.

Se describe el sistema social de Utopía por medio de cierto número de sus características: estructura económica, forma de gobierno, tendencia dominante en la educación, organización militar, forma de ejercer la religión, etcétera. Se mide el "peso" de cada variable de estado mediante una ponderación que indica su grado de importancia relativa. Se definen los grupos sociales que actúan dentro del sistema, identificados por sus funciones diferentes: sacerdotes, técnicos, mujeres, esclavos, etcétera, y se describen sus características: heterogeneidad, fuerza, grado de información, etcétera. El funcionamiento del modo se analiza a través de las leyes de variación de las variables, explicándose en cada caso su formulación matemática.

Se trata a continuación el objetivo principal del trabajo, demostrar la utilidad del empleo de los modelos matemáticos para el estudio de la dinámica social, al tomar en cuenta su complejidad inherente y al ofrecer una oportunidad de superar la dificultad en cuanto a la experimentación con hechos sociales bajo condiciones controladas. Este método implica el uso intensivo de computadoras electrónicas. Se discriminan las siguientes etapas de un trabajo con este método: formalización de un modelo inicial; primera estimación de los valores iniciales de las variables y valores de los parámetros; puesta a punto del modelo inicial y, finalmente, experimentación para resolver dos problemas básicos: elección de las variables significativas para medir y comparar los experimentos y elección de los experimentos significativos a realizar.

## SUMMARY

There are two aims to this work: a circumstantial one, studying the social system of Moro's *Utopia* and another —main— one of trying out the method of mathematical simulation on a complicated problem, in which information is not available in quantitative form.

The social system of Utopia is described by means of certain of its features: economic structure, type of government, main trend in education, military organization, ways of religious practice, etc. The "weight" of each variable is assessed, indicating its degree of relative significance. Social groups are defined, which act within the system, identified by their various functions: priests, technicians, women, slaves, etc., and their features are described: heterogeneity, strength, degree of information, etc. The functioning of the model is analyzed through the laws of variation of the variables. In each case its mathematical formulation is explained.

Thereafter the main aim of the work is discussed: to demonstrate the usefulness of employing mathematical models to study social dynamics, as they take into account its inherent complexity and by offering an opportunity of overcoming the difficulty as to experimenting with social facts under controlled conditions. This method requires the intensive use of electronic computers. To work with this method, the following steps are distinguished: Formalization of an initial model; first estimate of the initial values of the variables and values of the parameters; upgrading of the initial model and, finally, experimenting to solve two basic problems: election of the significant variables to measure and compare the experiments and selection of the experiments to be carried out.

CARLOS DOMINGO  
ÓSCAR VARSAVSKY

## INDICE

Lógica de la predicción. <i>Eli de Gortari</i> . . . . .	5
La predicción en las Ciencias Sociales mediante el uso de modelos estocásticos. <i>Tomás Garza H.</i> . . . . .	23
Las predicciones en Ciencias Sociales y los modelos económicos. <i>Camilo Dagum</i> . . . . .	41
Científicos vs. políticos: ensayo de un modelo predictivo. <i>Joseph Hodara B.</i> . . . . .	73
Los modelos matemáticos y la predicción en ciencias sociales. <i>Óscar Varsavsky</i> . . . . .	97
Anexo I. Óscar Varsavsky . . . . .	115
Anexo II. Carlos Domingo y Óscar Varsavsky . . . . .	191

En la Imprenta Universitaria, bajo la dirección de Rafael Moreno, se terminó la impresión de *El problema de la predicción en ciencias sociales*, el día 17 de diciembre de 1969. La composición se paró en Electra 11:12, 10:11, 9:10 y 8:9. Se tiraron 2 000 ejemplares.

