

INFORMACIONES

- 179 Reunión de institutos y centros latino-americanos de investigación del desarrollo. Informe del Dr. Víctor Urquidí.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

- 195 Comparing Nations: The use of Quantitative Data in Cross-National Research, Richard Merritt y Stein Rokkan, (Torcuato S. Di Tella)
- 197 Crecimiento y desarrollo. Economía e historia. Reflexiones sobre el caso español, Pierre Villar. (Reyna Pastor de Togneri)

PUBLICACIONES RECIBIDAS

REVISTA DE REVISTAS

DOMINGO C. y VARSAVSKY O. (1967 Julio - Sep)  
UN MODELO MATEMATICO DE LA UTOPIA DE TOMAS MORO  
Rev. Desarrollo Economico. VOL 7 N° 26. Pp 3-36  
Instituto de Desarrollo Economico y Social

UN MODELO MATEMÁTICO DE LA UTOPIA DE MORO \*

CARLOS DOMINGO Y OSCAR VARSAVSKY

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 permite llegar a conclusiones interesantes: por ejemplo, si la sociedad descrita por el modelo (y que pretende representar la de Utopía) puede

\* El presente artículo apareció mimeografiado como publicación interna del Instituto de Cálculo de la Universidad de Buenos Aires en septiembre de 1965. Nuestra intención era no darle más difusión hasta no tener una serie completa de experimentos numéricos analizados, pero este proyecto se retrasó e interrumpió por diversas causas.

Mientras tanto, han comenzado a aparecer algunos trabajos inspirados en nuestro enfoque —como el modelo Venutopia, una adaptación de Utopía al caso venezolano (véase *Studying the Venezuelan Polity*, F. BONILLA y J. A. SILVA MICHELINA, editores, M.I.T., mayo de 1966, cap. XII)— y nos pareció conveniente reproducir sin cambios nuestro documento inicial. Para los pocos desarrollos posteriores que alcanzamos a hacer, véase DOMINGO-VARSAVSKY y SÁBALO-VARSAVSKY en los *Proceedings of the Intern. Symp. on Mathematical & Computational Methods in the Social Sciences*, Roma, julio de 1966.

En noviembre de 1964, los autores habíamos decidido ensayar el método de modelos matemáticos en problemas históricos. Fue el difunto Jorge Ahumada, entonces director de CENDES (Caracas), quien nos decidió a utilizar más bien un ejemplo sociológico, y nos ofreció la ayuda —que mucho agradecemos— de J. A. Silva Michelina para asesorarnos en los aspectos sociológicos generales.

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 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, etc. (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 sim-

plifica mucho las cosas, y por eso para una de ellas, GOB, admitimos un valor más, para ver qué tipo de complicación computacional introduce.

Variable	Interpretación usual	Valor vigente inicial	Alternativas
$VE_1 = \text{ECON}$	Tipo de estructura económica	0=planificada	1=libre
$VE_2 = \text{GOB}$	Forma de gobierno	0=democracia ateniense	1=democracia total 2=totalitaria
$VE_3 = \text{EDUC}$	Tendencia dominante en la educación	0=literaria	1=técnica
$VE_4 = \text{MILIT}$	Forma de organización militar	0=milicias	1=fuerzas profesionales
$VE_5 = \text{RELIG}$	Forma imperante del ejercicio de cultos religiosos	0=libertad de conciencia	1=proselitismo
$VE_6 = \text{ORDEN}$	Forma predominante de hacer cumplir las leyes.	0=educación o socialización	1=policial
$VE_7 = \text{ROLES}$	Forma predominante de asignar los roles individuales	0=por adscripción o planificados	1=por adquisición o libre
$VE_8 = \text{COMOD}$	Orientación imperante respecto de las comodidades materiales	0=ascetismo	1=sibaritismo
$VE_9 = \text{ESCL}$	Existencia de esclavitud	0=sí	1=no
$VE_{10} = \text{MUNDO}$	Relaciones de Utopía con el resto del mundo	0=aislamiento	1=contacto
$VE_{11} = \text{FAM}$	Organización familiar imperante	0=paternalista	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, etc.).
- $A_6$  = ancianos, que cumplen un papel consultivo y ejercen la autoridad familiar.
- $A_7$  = jóvenes, dedicados a recibir instrucción para desempeñar oficios. Su posición es subalterna.

$A_8$  = mujeres, son las que realizan las tareas domésticas para la familia y la comunidad.

$A_9$  = campesinos, que lo son por rotación entre los utopianos.

$A_{10}$  = esclavos utopianos por haber cometido delitos comunes. Desempeñan las tareas más desagradables.

$A_{11}$  = esclavos prisioneros de guerra.

$A_{12}$  = 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 podrían 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:  $EV(i, GOB 1) = -3$  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  $EV(i, GOB = v(GOB))$  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 período o lapso básico

DT (3 meses, por ejemplo) y se dan fórmulas para las variaciones de las variables de un período 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, gráficos, alternativas lógicas, etc., 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:

- los índices  $i, j = 1, 2, \dots, 12$  se refieren a actores.
- el índice  $k = 1, 2, \dots, 10$  a características de los actores; el índice  $m = 1, 2$  a características sociales.
- el índice  $r = 1, 2, \dots, 11$  a variables de estado.
- $K_{ik}$  indica la característica  $k$  del actor  $i$ .  $K_m$  indica la característica  $m$  de la sociedad.
- $EV(i, r = a)$  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  $VE_r$ .
- se llaman  $dK_{ik}$  y  $dEV(i, r = a)$  a las variaciones de las  $K_{ik}$  y  $EV(i, r = a)$ .
- los  $PAR_{i,s}$  y BETA, 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 período 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:

$$(1) \quad \text{ANTAG}(i,j) = \sum_{r=1}^{11} P(r) \cdot [EV(i,r=v(r)) - EV(j,r=v(r))]$$

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  $\text{ANTAG}(i,j)$  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 antagonicos 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 período 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  $\text{BETA}_2$  se halla en el área de conflicto toda  $VE_r$  cuyo  $P(r) > \text{BETA}_2$ .

### 2.4. Variación de las características de los actores:

#### 2.4.1. Variación de la emotividad:

$$(4) \quad \Delta \text{EMOT}(i) = \text{PAR}_{i,1} \sum_j \text{ANTAG}(i,j) \cdot \text{CONF} - \text{PAR}_{i,2} \text{EMOT}(i) + \text{PAR}_{i,3} \sum_{P(r) > \text{BETA}_2} P(r) \cdot [EV(i,r=v(r)) - 5] - \text{PAR}_{i,4} \text{AL}(i),$$

donde  $\text{AL}(i)$  es un variable aleatoria normal de media = 0 y dispersión =  $\frac{1}{4} \text{HETER}(i)$ .

- La variación de la emotividad de un actor  $i$  depende:
- del grado de antagonismo con los demás actores multiplicado por la magnitud del conflicto existente en la sociedad.
  - de la emotividad del período 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 período.
  - 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  $P(r) > \text{BETA}_2$  y el módulo de la evaluación es superior a 5, siendo, en tal caso, su influencia proporcional a la diferencia con 5.
  - de una variable aleatoria, de media = 0 y dispersión proporcional a la heterogeneidad del actor.

#### 2.4.2. Variación de la heterogeneidad:

$$(5) \quad \Delta \text{HETER}(i) = \pm [\text{PAR}_{i,1} \sum_j \text{ANTAG}(i,j) \cdot \text{HETER}(i) +$$

$$+ PAR_{i,2} dCONF] + PAR_{i,3} dINF(i) + PAR_{i,4} PERM(i) - \\ - PAR_{i,5} dSOC(i);$$

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 período 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:

$$(6) dFUER(i) = [ PAR_{i,1} dORG(i) + PAR_{i,2} dEMOT(i) - \\ - PAR_{i,3} dHETER(i) ] \wedge PAR_{i,4}$$

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:

$$(7) dINF(i) = PAR_{i,1} dTECNO + PAR_{i,2} dFUER(i) + \\ + PAR_{i,3} AL(i) + PAR_{i,4} \sum_j dEV(j, mundo = contacto) + \\ + Exógeno(i).$$

La información de un actor varía en forma directamente pro-

porcional a la variación en el nivel tecnológico, de su fuerza (cuanto 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, p. ej., la imprenta y libros).

#### 2.4.5. Variación de la organización:

(8) Si i = 1, 2, 3, 4, 5 entonces

$$a) dORG(i) = PAR_{i,1} dINF(i) + \\ + PAR_{i,2} dSOC(i) \left\{ \begin{array}{l} + PAR_{i,3} dCONF \text{ si } V(Gob) = \\ = \text{Dem. At. o total y} \\ EV(i, Gob = \text{Dem. At.}) > 5 \\ + PAR_{i,4} dCONF \text{ si } V(GOB) = \\ = \text{Tiranía y} \\ EV(i, GOB = \text{Tir.}) > 5 \\ - PAR_{i,5} dCONF \text{ si } V(GOB) = \\ = \text{Tiranía y} \\ EV(i, Gob = \text{Tir.}) \leq 5 \end{array} \right.$$

$$b) \text{ Si } i = 6, 7, 8, 9 \text{ entonces} \left\{ \begin{array}{l} + PAR_{i,3} dCONF \text{ si } V(Gob) = \\ = \text{Dem. At. o total.} \\ - PAR_{i,3} dCONF \text{ si } V(Gob) = \\ = \text{Tiranía} \end{array} \right.$$

$$c) \text{ Si } i = 10, 11, 12 \text{ entonces} \\ dORG(i) = - PAR_{i,9} dNVIDA(i) \vee 0 + PAR_{i,10} \\ (\sum_j ANTAG(i,j) - BETA_{26}) \vee 0$$

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 influirá en ciertas circunstancias:

1) Si la forma vigente de gobierno es alguna de las democra-

cias 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:

$$(9) \quad dNVIDA(i) = PAR_{i,1} \overline{dTECNO} + PAR_{i,2} dFUER(i) + PAR_{i,3} dEFIC(i),$$

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:

$$(10) \quad dSATIS(i) = PAR_{i,1} dNVIDA(i) - PAR_{i,2} dINF(i) + PAR_{i,3} dFUER(i) + PAR_{i,4} dSOC(i) - PAR_{i,5} dHETER(i) + PAR_{i,6} EV(i, Gob = v(Gob)) + PAR_{i,7} AL(i).$$

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 heteroge-

neidad (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:

$$(11) \quad dSOC = PAR_{i,1} dSATIS(i) - PAR_{i,2} dPERM(i) - PAR_{i,3} \sum_j ANTAG(i,j) - PAR_{i,4} CONF + PAR_{i,5} \left( \sum_r EV(i,r = v(r)) \cdot P(r) - BETA_1 \right) \sqrt{0}.$$

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:

- la existencia de antagonismos con el resto de los actores.
- la existencia de conflicto social.

#### 2.4.9. Variación de la eficacia:

$$(12) \quad dEFIC(i) = PAR_{i,1} dINF(i) + PAR_{i,2} \overline{dTECNO} - PAR_{i,3} CONF + PAR_{i,4} AL(i)$$

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:

$$(13) \quad dPERM(i) = PAR_{i,1} dHETER(i) \pm PAR_{i,2} \overline{dTECNO} +$$

$$+ PAR_{i,3} dEV(i, Gob = v(Gob)) + PAR_{i,4} AL(i),$$

donde el signo del segundo término es + si  $i = 1, 2, \dots, 8$  y - si  $i = 9, 10, 11, 12$  y  $PAR_{i,3} \neq 0$  sólo si  $v(Gob) = \text{Dem. At. o Total}$ , 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  $PERM(8)$  constante.

c) En los actores 9 a 12 no influye la  $dEV(i, Gob = v(Gob))$  y  $dTECNO$  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:

$$(14) K_{ik} = K_{ik} + dK_{ik} \cdot EMOT(i) \cdot W_i$$

para todo  $dK_{ik} \neq dNVIDA(i)$  y  $dEFIC(i)$ .

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  $dNVIDA$  y  $dEFIC$ .

##### 2.4.11.2. Acotación del nuevo valor de los $K_{ik}$ :

$$(15) K_{ik} = (K_{ik} \vee 0) \wedge 10.$$

$K_{ik}$  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 $dK_{ik}$ :

$$(16) dK_{ik} = K_{ik}(n) - K_{ik}(n-1).$$

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. Variación de las características de la sociedad:

##### 2.5.1. Variación del conflicto:

$$(17) dCONF = BETA_4 \sum_{i,j} ANTAG(i,j) + BETA_5 \sum_i dEMOT(i) - BETA_6 \sum_i dSOC(i).$$

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:

$$(18) dTECNO = [BETA_7 dEFIC(\text{Técnicos}) + BETA_8 dINF(\text{Técnicos}) + BETA_9 dINF(\text{Jefes}) + BETA_{10} dINF(\text{Filarcas}) + BETA_{11} AL(\text{Técnicos})] \vee 0.$$

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 dependiendo, 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  $K_{ik}$  tenemos que

$$(19) K_m = [(K_m + dK_m) \vee 0] \wedge 10$$

$$(20) dK_m = K_m(n) - K_m(n-1).$$

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 infimo con 10). El valor final de la variación es igual al nuevo valor de la característica menos el anterior.

2.6. Variación de la evaluación de los actores acerca de los valores de las VE:

2.6.1. Variación de la evaluación del valor vigente de la estructura económica:

$$(21) \text{ a) Si } NVIDA(i) = BETA_{12} \rightarrow dEV(i, Econ = v(Econ)) = \\ = PAR_{1,1} dTECNO \vee 0 + PAR_{1,2} dNVIDA(i) \wedge 0 + \\ + PAR_{1,3} dSOC(i) - PAR_{1,4} dCONF \vee 0 - \\ - PAR_{1,5} [(FUER(i) - NVIDA(i) - 3) \vee 0] \\ \text{ b) Si } NVIDA(i) = BETA_{12} \rightarrow dEV(i, Econ = v(Econ)) = \\ = PAR_{1,6} dNVIDA(i).$$

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 períodos 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 infimo 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

$$(FUER(i) - NVIDA(i) - 3) \vee 0$$

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

$$(22) dEV(i, Econ \neq v(Econ)) = -dEV(i, Econ = v(Econ)).$$

2.6.2. Variación de la evaluación de la forma de gobierno vigente:

$$(23) \text{ a) Si } CONF < BETA_{13} \rightarrow dEV(i, Gob = v(Gob)) = \\ = PAR_{1,1} dNVIDA(i) + PAR_{1,2} dSOC(i) - \\ - PAR_{1,3} (NVIDA(i) - FUER(i) - 3) \vee 0. \\ \text{ b) Si } CONF > BETA_{13} \rightarrow dEV(i, Gob = v(Gob)) = \\ = -PAR_{1,4} dCONF \vee 0 - \\ - PAR_{1,5} |EV(i, r = v(r)) - EV(1, r = v(r))| + \\ + PAR_{1,6} dSOC(i) \vee 0 - PAR_{1,7} (NVIDA(i) - \\ - FUER(i) - 3) \vee 0.$$

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, se diferencian de las de los proffilarcas (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 Eteniense" en ambos casos las variaciones de la evaluación dependen de otro término:

$$(23) \text{ c) Si } v(\text{Gob}) = \text{Democ. At.} \rightarrow dEV(i, \text{Gob} = v(\text{Gob})) = \\ = dEV(i, \text{Gob} = v(\text{Gob})) + PAR_{i,3} EV(i, \text{Esclav} = \text{sí})$$

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:

$$(26) dEV(i, \text{Educ} = \text{Técnica}) = -dEV(i, \text{Educ} = \text{Liter}).$$

2.6.4. Variación de la evaluación sobre la organización militar basada en fuerzas profesionales:

$$(27) dEV(i, \text{MILIT} = \text{Profe}) = PAR_{i,1} dEV(i, \text{Relig} = \text{Prosel}) + \\ + PAR_{i,2} dTECNO + PAR_{i,3} dNVIDA(i) + \\ + PAR_{i,4} dEV(i, \text{Mundo} = \text{contacto}).$$

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:

$$(28) dEV(i, \text{Milit} = \text{Milicias}) = -dEV(i, \text{Milit} = \text{Profe}).$$

2.6.5. Variación de la evaluación del sistema religioso "tolerante":

$$(29) dEV(i, \text{Relig} = \text{Toler}) = PAR_{i,1} dNVIDA(i) + PAR_{i,2} INF_i \cdot \\ \cdot AL(i) - PAR_{i,3} dCONF + \text{Exógeno}(i).$$

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:

$$(30) dEV(i, \text{Relig} = \text{Prosel}) = -dEV(i, \text{Relig} = \text{Toler}).$$

2.6.6. Variación de la evaluación sobre la forma "policial" de mantenimiento del orden interno:

$$(31) \text{ a) Si } CONF < BETA_{14} \rightarrow dEV(i, \text{Orden} = \text{Policial}) = 0. \\ \text{ b) Si } CONF > BETA_{14} \rightarrow dEV(i, \text{Orden} = \text{Policial}) = \\ = PAR_{i,1} (CONF - BETA_{14}) - PAR_{i,2} dNVIDA(i) + \\ + PAR_{i,3} \sum dEV(j, \text{Relig} = \text{Prosel}). \quad i \neq 10, 11, 12.$$

Vemos que un actor modifica su juicio de manera distinta según exista o no una situación de gran conflicto (mayor o igual a  $BETA_{14}$ ). 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 antistatu 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:

$$(32) \quad dEV(i, Orden = Social) = -dEV(i, Orden = Policial).$$

2.6.7. Variación de la evaluación de la asignación de roles por adscripción:

$$(33) \quad dEV(i, Roles = Ads) = PAR_{i,1} dEV(i, Econ = Planif) - \\ - PAR_{i,2} dEV(i, Flia = Liberal) + \\ + PAR_{i,3} dEV(i, Gob = Tiranía) + PAR_{i,4} AL(i).$$

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:

$$(34) \quad dEV(i, Roles = Adquisición) = -dEV(i, Roles = Adscripción).$$

2.6.8. Variación de la evaluación sobre las orientaciones "sibarita" y "ascética" frente a las comodidades materiales:

$$(35) \quad a) \quad \text{Si } NVIDA(i) < BETA_{15} \rightarrow dEV(i, Comod = Sib) = 0. \\ b) \quad \text{Si } NVIDA(i) > BETA_{15} \rightarrow dEV(i, Comod = Sib) =$$

$$= PAR_{i,1} dNVIDA(i) + PAR_{i,2} dINF(i) + \\ + PAR_{i,3} dTECNO + Exógeno(i).$$

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:

$$(36) \quad dEV(i, Com = Ascet) = -dEV(i, Comod = Sib).$$

2.6.9. Variación de la evaluación de la esclavitud:

$$(37) \quad a) \quad \text{Si } i = 10, 11, 12 \rightarrow dEV(i, Escl = no) = 0.$$

$$b) \quad \text{Si } i \neq 10, 11, 12 \rightarrow dEV(i, Escl = no) = PAR_{i,1} dTECNO + \\ + PAR_{i,2} dINF(i) + PAR_{i,3} dEV(i, Relig = Prosel) + \\ + PAR_{i,4} P(Escl) \cdot dCONF.$$

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 antistatu 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:

$$(38) \quad dEV(i, Escl = sí) = -dEV(i, Escl = no).$$

2.6.10. Variación de la evaluación de las relaciones de Utopía con el resto del mundo:

$$(39) \quad dEV(i, Mundo = Contacto) = PAR_{i,1} dTECNO - \\ - PAR_{i,2} dCONF + Exógeno(i).$$

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, p. ej., 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:

$$(40) dEV(i, \text{Mundo} = \text{Aisl}) = -dEV(i, \text{Mundo} = \text{Contacto}).$$

2.6.11. Variación de la evaluación acerca de la organización familiar:

$$(41) dEV(i, \text{Fam} = \text{Patern}) = -PAR_{i,1} dTECNO - PAR_{i,2} dINF(i) + PAR_{i,3} dEV(i, \text{Roles} = \text{Ads}) + \text{Exógeno}(i).$$

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:

$$(42) dEV(i, \text{Fam} = \text{Liberal}) = -dEV(i, \text{Fam} = \text{Patern}).$$

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

$$(43) EV(i, r = a) = EV(i, r = a) + dEV(i, r = a),$$

agregamos la modificación que sigue:

$$(44) a) \text{ Si } SOC(i) > BETA_{18} \rightarrow EV(i, r = v(r)) = EV(i, r = v(r)) + PAR_{i,1} P(r) \cdot SOC(i) \cdot (10 - EV(i, r = v(r))).$$

$$b) \text{ Si } SOC(i) < BETA_{25} \rightarrow EV(i, r = v(r)) = EV(i, r = v(r)) + PAR_{i,2} P(r) \cdot EMOT(i) \cdot (-10 - EV(i, r = v(r))).$$

Por esta ecuación los actores se dividen en tres grupos:

a) Los que tienen un consenso alto (mayor que  $BETA_{18}$ ). 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  $BETA_{18}$

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 antagonicas, 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 antagonicos. 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)  $ANTAG(i_1, i_2) > ANTAG(i, j)$ , 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

$$EV(i, r = v(r)) = EV(i, r = v(r)) + BETA_{21} [10 - ANTAG(i, i_1)] \cdot (EV(i_1, r = v(r)) - EV(i, r = v(r))).$$

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, que se hallen dentro del área de conflicto o próximas a ella (cuyo  $P(r)$  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  $VE_i$ , 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:

$$(49) \quad a) \quad \text{Si } EM(r, -v(r)) < PAR_{r,1} \text{ y}$$

$$b) \quad EM(r, a_m) = \text{máximo de los } EM(r, a) \text{ con } a \neq v(r), \text{ entonces } V(r) = a_m \text{ con probabilidad } = PAR_{r,2} \cdot EM(r, a_m).$$

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 pretende 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

do 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 período (que puede ser variable) la computadora calcula iterativamente los valores que van tomando las variables en cada período 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. También 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 (p. ej., 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 (p. ej., el ingreso de una familia, de un grupo social, etc.). No hay problema entonces para asignarle valores numéricos.

b) Que cada estado empírico de una variable sea cualitativamente distinto de otro (p. ej., 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", "re-

gularmente en contra", "poco en contra", "indiferente", "poco a favor", etc. 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, etc.).

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 fuerza 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 procede 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:

		K	K	K	.....	K
		$1k$	$2k$	$3k$		$nk$
influencia de las variables independientes sobre las dependientes	PAR $ik1$					
	PAR $ik2$					
	PAR $ik3$					
	PAR $ikn$					
		influencia de cada variable independiente sobre cada carácter de diferentes actores				

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 los 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 período de un ensayo (el número de períodos 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 períodos 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—, etc.) 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, etc. 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, etc. y se describen sus características: heterogeneidad, fuerza, grado de información, etc. El funcionamiento del modelo 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.