

Teoría económica de la adaptación

Lo que desde el siglo XVII se viene llamando «economía política» no es ni puede ser toda la Economía.

La economía reviste carácter político, 1) en su vinculación a la sociedad tanto más que al individuo, 2) en la presunción de que la actividad humana persigue más de un fin y le es dado elegir entre varios fines. Porque «política» implica de algún modo objetivos sustituibles o fines alternativos; pues en los fines —en la economía de fines— está precisamente la política.

Por esto el hombre es el único animal político, ya que sólo él puede cambiar de conducta deliberadamente y proponerse otros fines; sólo él —y la comunidad— puede fijarse un orden de preferencias de acuerdo con un sistema de valores susceptible de cambiar también.

Más allá de la esfera humana no hay propiamente economía de fines; sólo economía de medios y economía de acción. Pero las tres economías podrían coincidir en una «economía adaptativa» de alcance general, que bien pudiera asumir toda la Economía.

Es lo que vamos a investigar.

Economía de acción

La Mecánica se basa en el principio de inercia; análogamente, la Economía parte del principio de escasez. Dos principios aparentemente negativos, que en realidad son uno solo, ya que la escasez es el equivalente económico de la inercia mecánica. Porque escasez e inercia presuponen, por igual, restricciones.

resistencias o limitaciones *a priori* por las que los sistemas son obligados a realizar un trabajo.

Para enfrentarse a tales resistencias los sistemas sólo disponen de cantidades limitadas de recursos (reducibles a energía e información). Y de ahí el imperativo económico: La necesidad de economizar para subsistir y adaptarse como norma universal.

Es de notar que la misma vida crea rareza y penuria, pues las poblaciones tienden a proliferar hasta convertirse en escasez y objeto de disputa lo que acaso pudo ser al principio una situación de abundancia y franquicia.

En definitiva, ningún sistema puede eludir las restricciones de base. Ni siquiera el mismo rayo de luz, que es la forma absoluta de la energía. La inercia de la luz, la masa del fotón, son ínfimas pero no nulas. Y por esto también la radiación debe economizar.

Ya en la antigüedad Herón de Alejandría advirtió que la trayectoria del rayo de luz entre dos puntos es la mínima. Mucho más tarde, en el siglo XVII, Fermat creyó que debía ser el tiempo invertido por la luz lo que tomaba el valor mínimo. Leibniz entrevió por primera vez que el producto de la fuerza viva por el tiempo (lo que se llama «acción») debía llegar al máximo o al mínimo; y en el siglo XVIII, Maupertuis enuncia ya el Principio de Mínima Acción, definitivamente formulado después por Hamilton.

Lo que economiza la Naturaleza no es propiamente espacio o tiempo sino acción. El movimiento de un astro, por ejemplo, se ajusta, es decir, se adapta a su órbita en virtud de este principio. La economía consiste aquí en hacer mínima una integral.

Economía de medios y economía de fines

La semejanza del Principio económico del mínimo esfuerzo con el Principio físico de mínima acción pareció señalar el camino que debiera convertir la Economía social en un conocimiento del tipo de las Ciencias naturales, empezando por la Mecánica (Stanley Jevons, Luigi Amoroso).

Pero las masas mecánicas son entes meramente cuantitativos que pertenecen a una clase única. Por esto todos los sistemas mecánicos son equivalentes; cosa que no puede decirse de los organismos que, a lo sumo, presentan analogías.

El organismo, biológico o no-biológico, es una integración de partes cualitativamente diferenciadas; pues lo uniforme y homogéneo no se puede organizar.

Si la masa es la propiedad más general de los cuerpos materiales, el carácter esencial de los organismos es la división del trabajo y la complementaridad funcional sobre la base de unas proporciones determinadas aunque, por supuesto, no invariables. Estas proporciones quedan definidas, cuantitativa y cualitativamente, por el Principio de Equimarginalidad, según el cual la combinación económicamente justa —la que establece el equilibrio orgánico— es aquella que iguala los valores marginales de los componentes.

Por su carácter específico y cualitativo, los factores son sólo parcialmente divisibles e imperfectamente sustituibles; están sujetos a restricciones que limitan su capacidad de combinación. Pero dentro de estas limitaciones y bajo condiciones cambiantes, la conducta y aun la forma del sistema podrá variar y adaptarse valiéndose de las sustituciones permitidas, para ver restaurada finalmente la igualdad de valores marginales de un modo análogo a como operan los vasos comunicantes.

A diferencia de la masa mecánica, el organismo plantea un problema fundamental de proporcionalidad; para su adaptación es necesario que las proporciones varíen, aunque no sea de un modo continuo, abierto e irrestricto ¹.

1. El crecimiento del organismo no suele ser lineal; exige cambios compensatorios. Las proporciones entre sus partes varían y esta variación encuentra sus límites en los costes marginales de sustitución. Cuando aumenta de tamaño, el organismo reacciona redistribuyendo sus energías para desarrollar la parte más útil al cambio acaecido hasta restaurar el equilibrio de la forma. Pero esto tiene un límite.

La economía animal y vegetal es pródiga en ejemplos. Así, a medida que fue aumentando el tamaño de las aves permaneciendo constante la densidad del aire, el aparato de vuelo debió experimentar un crecimiento más que proporcional, con costes crecientes de sustitución. El coste marginal pronto

Por esto la teoría de la adaptación se ve en el caso de estudiar por separado la masa (simple y homogénea) y el organismo (integral y heterogéneo). Claro que la masa simple como el complejo orgánico trazan sus líneas de comportamiento, pero la masa se limita a seguir una trayectoria mientras el organismo tiene una ejecutoria. Sin embargo, en ambos casos hay algo de común, a saber: la economicidad del comportamiento, haciendo mínimo un valor, sea trabajo, coste, sacrificio o acción. Se pone en evidencia que para el análisis de la adaptación orgánica no basta considerar la sola economía de acción². El organismo, incluso el más sencillo, requiere una economía de medios basada en unas relaciones de sustitución y su razón marginal³.

Cada especie zoológica, por ejemplo, tiene un esquema propio de conducta, prácticamente invariable dentro de su capacidad de adaptación. Esta conducta es una economía de medios

llegó a ser tan alto que desalentó a muchas especies (aves acuáticas, corredoras).

Análogamente, los vegetales de la selva tropical alargan sus tallos en busca de luz, que es allí el elemento raro; en cambio, en la región seca el esfuerzo biológico se dirige a profundizar la raíz o abultar el tallo, siempre a costes crecientes, hasta igualar la utilidad marginal de todas las partes esenciales.

En general, las especies provistas de una mayor elasticidad de sustitución consiguen adaptarse a condiciones muy dispares.

2. La línea de comportamiento de un individuo dotado de inteligencia es más compleja que la simple trayectoria de un móvil. Ciertamente, el obrero que ajusta sus movimientos o regula sus tiempos según las normas, economiza acción. Pero una aplicación generalizada del Principio de Mínima Acción a la economía social conduciría a pobres resultados.

V. JOSE GALLEGO DIAZ, *Un Principe de la Moindre Action en Economie Politique* (Tesis doctoral); "Revue Scientifique", núms. 3,274-75, fasc. 10, Les Editions de la Revue Scientifique.

3. Aunque la naturaleza (incluida la humana) suele incurrir en el derroche, opera en ella un principio rector que impone simplicidad de medios y economía de fuerzas. Concretamente, para el organismo resulta más ventajoso adaptarse por especialización. La división del trabajo es económica siempre que la diversidad de factores concurrentes no sea superior a la mínima, incluyendo las reservas de seguridad. La adaptación busca seguridad al mínimo coste, o sea, la máxima simplicidad compatible con la estabilidad, la seguridad o la finalidad.

La Ciencia natural comprueba que, por lo general, en el sistema viviente la variedad de factores u órganos no es muy superior a la mínima, aunque se dan eventualmente formas aberrantes, hipertróficas e hipertélicas.

en la que el sistema de valores depende de la constitución del instinto y de los hábitos adquiridos. Es una adaptación conservadora, dado que el animal, lo mismo que el vegetal, persigue un solo fin: la subsistencia del individuo y la especie. Es una economía de medios para una finalidad constante en la que no cabe economía de fines.

En el hombre la economía de medios se combina con la economía de fines. Su adaptación requiere un deslinde previo entre satisfacciones y renunciamentos en constante reajuste mediante oportunas sustituciones. La adaptación humana ha de entenderse pues como un ajuste económico entre fines limitados y recursos escasos en un medio variable.

Es una adaptación problemática e incluso conflictiva. Aunque el organismo humano es, por naturaleza, sumamente adaptable, en su comportamiento real el hombre trata a menudo de forzar los recursos disponibles para unos fines preconcebidos; con cierta frecuencia se excede, proponiéndose múltiples y audaces objetivos sin reparar en los medios. La degradación ecológica es el precio que paga por ello y ha de interpretarse como una respuesta inadaptada al medio telúrico.

Se ha dicho que el hombre, por ser libre, es el menos adaptado de los animales.

Prolegómenos a una teoría general de la adaptación

Reconozcamos que una teoría de la adaptación, provista de sentido explicativo y de alcance universal, lleva considerable retraso. Hasta hace poco los procesos adaptativos fueron estudiados casi exclusivamente en el campo de la Biología con extensos relatos y minuciosos detalles de la vida animal y vegetal. Ahora, un planteamiento formal de la cuestión permitiría comprobar que las ideas sobre la adaptación pasan por tres etapas sucesivas:

1.^a Originariamente la Ciencia natural observó la inmensa variedad de adaptaciones, describiéndose una a una con criterio empírico.

2.^a Mientras la Biología dirigía su atención a la diversidad de organismos; la Cibernética se interesó por aquello que de común tienen todos los sistemas, y alcanza a diseñar el esquema general de regulador, capaz de ejercer el control adaptativo en cualquier tipo de organización.

3.^a Se descubre finalmente que el fenómeno adaptativo oculta un principio de economía; que, por tanto, la economía es también un rasgo común a todas las adaptaciones. Pues sólo economizando podrá un sistema evidenciar su adaptabilidad.

El sistema que economiza es que está adaptado o en curso de adaptación; porque economizar es la única manera de acomodarse a un ambiente circunstancial fatalmente sujeto a restricciones originarias: escasez, riesgo u hostilidad del medio, como expresión de la inercia, la entropía y el azar.

Dicho de otro modo: Si la adaptación se tiene por la ley suprema de la existencia y envuelve a la totalidad de los sistemas, la economía es la ley de todas las adaptaciones; pero el control cibernético será el mecanismo de que se valen los sistemas para ajustarse al ecosistema.

La adaptación ha de contemplarse pues desde una doble vertiente por la cual la Teoría general deberá explicar, a la vez, la economía de la adaptación, considerando que:

a) La economía adaptativa parte de los postulados centrales de la teoría del valor, definidos según la lógica del Marginalismo; de modo que en el fenómeno adaptativo la economía introducirá un conjunto de valores (balances coste/producto, gasto/utilidad).

b) Por su parte el control cibernético se funda en los mecanismos de retroacción, positiva o negativa, regidos por un mando provisto de información. Es así que la Cibernética aporta el conjunto de fuerzas (circuitos de estímulo/respuesta, acción/retroacción).

Porque el modelo cibernético, por sí solo, resolvería el problema físico o fisiológico de la adaptación, pero no capta su sentido económico. Asociando los teoremas del Marginalismo con los esquemas de la Cibernética se llega a integrar una Lógica General de Organismos, biológicos y no-biológicos.

El Marginalismo generalizado como teoría económica del comportamiento adaptativo

La economía de la adaptación la da justamente el Marginalismo, puesto que elemento esencial de los procesos adaptativos habrán de ser las relaciones de sustitución. En los fenómenos más genuinos y representativos son las relaciones marginales de sustitución las que deciden los reajustes adaptativos y marcan la tendencia natural del organismo hacia un estado de equilibrio.

Convergamos que el Marginalismo puede generalizarse al conjunto del mundo orgánico, proyectándose más allá de la conducta humana para hacerse extensivo a los instintos animales, a los tropismos vegetales y a todo proceso de actividad dirigida hacia estados mejor adaptados.

Consideremos la forma elemental y primaria del proceso: El sistema inadaptado a su entorno pasa por un estado inicial de carencia interna (necesidad, apetencia, premura) equivalente a una disimetría funcional (desnivel de potencial, campo de fuerza) que pone en marcha el proceso haciéndolo avanzar por incrementos de valor, seleccionando, ensayando y rectificando, sustituyendo o alternando recursos escasos en busca de un punto de equilibrio, siquiera provisional o inestable.

La progresión del sistema hacia el equilibrio es, pues, el tránsito que desde el momento inicial de máxima disparidad de valores, y siguiendo una escala de disimetría decreciente (utilidad marginal decreciente), conduce a un estado adaptado que alcanza la máxima igualdad de valores finales (equimarginalidad o simetría marginal).

La adaptación se perfila como un proceso de sustitución con reajuste gradual y equilibrio marginal de variables según el principio económico. La función de sustitución define la aptitud del organismo para ensayar combinaciones equivalentes que aseguren la conservación de la forma o la continuidad de la acción. La adaptabilidad del sistema se medirá por su tolerancia al cambio y por su capacidad de reforma o reconver-

sión; todo dependerá, en última instancia, de la elasticidad de sustitución.

Es aquí donde el análisis marginal nos advierte que la elasticidad de sustitución es limitada, por muy grande que sea la flexibilidad, la plasticidad o versatilidad del organismo; y siempre llegará a un punto en que la elasticidad de sustitución será nula ⁴.

Pero en términos más amplios cabría preguntar ¿cómo evoluciona efectivamente el comportamiento adaptativo de los organismos?

A medida que los sistemas fueron progresando, extendiendo la división del trabajo en dirección a formas más especializadas, los mecanismos de adaptación pierden movilidad. De una creciente especialización se sigue una mayor rigidez. Primitivos conjuntos de factores fácilmente divisibles y sustituibles van siendo reemplazados por otros más heterogéneos, escasamente o difícilmente divisibles e incluso del todo insustituibles.

La combinatoria de factores entra así en el régimen de «bloques», compuestos por elementos de aplicación simultánea y destinados a conjugarse en proporciones fijas. Le todos modos, no hay, seguramente, un sistema absolutamente elástico ni totalmente rígido. El supuesto más probable es el de la forma intermedia, de cuyos n factores habrá a lo sumo k indivisibles o insustituibles, que vienen prefijados por vía autónoma, por separado o en bloque (fuera, por tanto, de la lógica marginalista), mientras los restantes $n-k$ se determinan según el método de gradual sustitución respecto a cada uno o a todos los k ya prefijados; con lo que, de cierta manera, se va al reencuentro del principio marginalista, si bien que carente de su primitiva transparencia.

Ahora bien, en cualquier caso lo que importa —lo que real-

4. Sobre el mapa de isocuantas la “zona de adaptación” viene delimitada por aquellos puntos en que la elasticidad de sustitución es cero.

El antiguo taller manual se movía en un campo de sustitución mucho más amplio que la industria automática de hoy, altamente especializada. Análogamente, el animal omnívoro tiene una zona de sustitución más extensa que el carnívoro.

mente está en juego— es la validez del *principio de proporcionalidad* y las *relaciones de complementaridad*, con independencia de la vía que pueda conducir al estado de equilibrio.

El Marginalismo sentó las bases de la economía adaptativa. Si luego, a partir de la base, el organismo evoluciona hacia estructuras más integradas, sólidas, estables y duraderas, aquel principio y aquellas relaciones quedan a salvo. Porque las formas complejas fuertemente integradas, aunque vean reducir su primitiva movilidad, lo que pierden en elasticidad de sustitución lo ganan mediante el control por información. Es la gran ventaja de las formas centralizadas y de los actos gobernados. En general, el progreso orgánico vino siempre condicionado por la evolución de las formas de mando y de su capacidad de acumular, asimilar y procesar información⁵.

Lo cual nos introduce en el campo de la Cibernética.

El regulador cibernético como mecanismo de adaptación

La finalidad del control es ir a la instauración de un orden; el regulador provisto de información hace posible el control. La forma más simple es el control por el error, pues el error aporta ya un tipo de información (experiencia fallida). El objetivo es rectificar desviaciones y subsanar el error.

El control por el error suele ser incompleto; no siempre puede esperarse una corrección instantánea y exacta. Si la corrección es insuficiente o excesiva —o viene retrasada— la os-

5. El tejido cerebral no se renueva, pero sí se lesiona alguna de sus partes, las funciones anteriormente localizadas en ella son asumidas por otras partes, que constituyen la reserva potencial. El cerebro es rígido en su estructura histológica pero sumamente plástico en su actividad funcional. En organismos superiores las funciones de sustitución pueden ser asumidas por elementos fijos que, en principio, no tenían carácter de reserva.

En muchos aspectos la tecnología ha sido causa de mayor rigidez en la industria, pero ha sido la propia técnica quien ha descubierto nuevas posibilidades de sustitución, a la vez que diseña vehículos convertibles o adaptables, instrumentos de aplicación múltiple, máquinas de paso universal, etc...

Así, por ejemplo, la elasticidad de sustitución del cobre por el aluminio ha logrado espectaculares avances en el campo de la electrotecnia, desde los cables de alta tensión hasta los hilos telefónicos.

cilación podría ganar amplitud e incluso acelerarse (oscilación creciente o autoexcitación) ⁶.

Con informaciones de preflujo o precorriente los circuitos pueden acortarse, el error se reduce y hasta llega a desaparecer. En un regulador prealimentado la información procede directamente de la perturbación, adelantando la corrección antes de que la variable controlada, de salida, sufra el error o la desviación. Existen, pues, sistemas que previenen y bloquean el fallo antes de que se produzca; son más costosos pero ahorran el gasto de la corrección, pudiendo llegar a un punto en que resulte ya más económico evitar el error que corregirlo.

Partiendo de estas premisas la Cibernética ha logrado diseñar sistemas de alta infalibilidad partiendo de elementos

6. La conomía de mercado nos ofrece un ejemplo de regulación por el error. En su fase temprana fue un sistema relativamente estable y sin apenas perturbaciones cíclicas; porque un equilibrio a bajo nivel y a ritmo lento es fácilmente asequible.

A partir de la revolución industrial del siglo XVIII, la economía capitalista empieza a fluctuar. Entre 1815 y 1914 se sucedieron doce crisis cíclicas que se corrigieron por sí mismas, de un modo casi automático. El regulador era entonces la libre competencia, el propio mecanismo de mercado (o la "mano invisible").

A medida que el capitalismo se fue desarrollando, pero sin cambiar el mecanismo regulador, el sistema se volvió inestable. Para una economía avanzada ya no bastaba la regulación simple, meramente correctiva. La complejidad exige más organización y ésta requiere mayor control. Pero un régimen liberal no consentía la interferencia de un control normativo (la "mano visible") aunque la dinámica del sistema lo reclamase.

La evolución de los instrumentos de control va así muy retrasada respecto al grado de complejidad y nivel de desarrollo económico. La regulación por el error en régimen competitivo llega a ser insuficiente; la corrección, incompleta; y el sistema no deja de oscilar, e incluso lo hace con mayor amplitud. Pretender que un sistema densamente integrado opere con métodos rudimentarios de regulación, es condenarlo a la crisis permanente.

Cierto que el monopolio logró instaurar un tipo especial de control para reglamentar la producción y disciplinar el mercado, en lugar de la competencia; pero el control monopolístico no alcanza a ordenar el conjunto del sistema económico-social, y conduce finalmente al estancamiento. Hoy, ni la competencia ni el monopolio sirven como reguladores de la economía, la cual reacciona cada vez más débilmente a los "estabilizadores automáticos", instrumentos políticos de control puramente defensivo, correctivo o compensador.

La realidad es que falló el primitivo regulador y no ha sido reemplazado por un control más eficaz.

falibles, aunque en su mayoría de tipo estacionario en el sentido de homeostasis, autoadaptación o autogobierno; pues —conviene no olvidarlo— la adaptación es un fenómeno eminentemente conservador: conservación del individuo y de la especie, mantenimiento de una trayectoria o una tendencia, etcétera.

De todos modos, en los ajustes y reajustes propiamente adaptativos, algo ha de cambiar con cierta frecuencia para que lo esencial pueda conservarse (identidad, integridad, constantes del organismo). El cambio suele consistir en alguna forma de aprendizaje, método por el que el organismo, mediante oportunas sustituciones, se adapta aprendiendo, o sea, asimilando información procedente de experiencias pasadas.

Es de advertir que el aprendizaje estrictamente adaptativo es también un mecanismo conservador; no es más que una forma especializada de defensa contra una clase de perturbaciones (obstáculos, agresiones, competencia) frente a las cuales el regulador simple sería impotente.

El problema central del aprendizaje es de cómo reacciona el organismo a la intensidad de unos estímulos, positivos o negativos (alentadores o disuasivos). La probabilidad de reacción dependerá de las respuestas anteriores al estímulo o conjunto de estímulos. Puesto que, en el caso del aprendizaje, en lugar de un valor-guía, patrón o programa, el control consiste en hallar un valor que, siendo función de momentos o períodos anteriores, actúe como norma variable del regulador (*la variable de control*).

Evidentemente, cuanto mayor sea el grado de libertad (según la probabilidad de reacción) del sistema, menores serán las limitaciones que habrá de cumplir, y más compleja será, por tanto, la variable de control. En la medida de lo posible se tratará de optimizar esta variable⁷.

7. Para la "ecuación del aprendizaje", véase OSCAR LANGE, *Introducción a la Economía Cibernética*, IV, 4. Siglo XXI, Madrid 1969.

El "homeostato económico"

Lo dicho anteriormente es válido para el organismo viviente lo mismo que para un ente social, una empresa industrial o un sistema político.

Ha sido la analogía funcional de los fenómenos adaptativos lo que permitió a la Cibernética diseñar un modelo de organismo atípico, como el «homeostato económico», capaz de autorregularse económicamente. Su conducta no está completamente determinada; pueden esperarse respuestas flexibles e incluso inesperadas. Es un comportamiento estocástico que puede variar dentro de una relativa constancia de frecuencias, según la matriz de probabilidad (como una «cadena de Markov»).

El homeostato carece de propósitos definidos y tiene un solo fin: conservar el equilibrio interno (o una mínima variación) frente a la variabilidad (hasta un máximo) del medio externo al que ha de adaptarse. A una señal input (estímulo, excitación) el sistema reacciona seleccionando y capturando información de la corriente exterior. En cierto modo su conducta refleja «valora» económicamente, elige y sustituye unidades de información. El homeostato cumple el principio de economicidad en tanto evoluciona espontáneamente en dirección al estado de equilibrio; y en la proximidad del estado de equilibrio la conducta tiende a revestir la forma lineal, siempre más económica ⁸.

Pero en última instancia, lo que hace el homeostato es protegerse contra cualquier alteración al mínimo coste. El efecto de la perturbación atacará las causas con el fin de restaurar automáticamente los valores normales de equilibrio.

Economía y entropía

Fácilmente se descubre que estos procesos de regulación

8. La estrecha vinculación entre los mecanismos económicos y los cibernéticos se puso de relieve por primera vez en 1953 con la obra de ARNOLD TUSTIN, *The mechanism of Economic Systems*, Heinemann, Londres.

automática, vayan en busca de un equilibrio duradero o dejen oscilar en torno a él, reproducen el modelo de la Mecánica.

Un principio de conservación rige también los procesos mecánicos. La regla general es que el fenómeno es reversible; puede ser invertido. Si desde una posición inicial el sistema se desplaza, podrá retornar al punto de partida. Por sí mismo el proceso mecánico no induce cambios cualitativos ni evoluciona en una dirección especial; todo ocurre como si fuera intemporal, puesto que incluso los ciclos se suceden regularmente, uno tras otro de un modo invariable.

Sin embargo, la Ciencia natural nos advierte que *un sistema nunca pasa dos veces, exactamente, por el mismo estado*. Aunque la perturbación haya sido vencida y parezca restaurado el equilibrio, quedan siempre residuos de entropía que comportan cambios cualitativos irreversibles.

De hecho no hay fenómenos perfectamente reversibles. Lentamente todo cambia y, al fin, caduca. Es así que envejecen los organismos y se extinguen las especies, tarde o temprano decaen las instituciones y las mismas civilizaciones. La Economía no podía ser excepción.

Los economistas clásicos construyeron un tipo de ciencia que de algún modo parecía también inspirado en el modelo de la Mecánica.

Llegó a ser creencia generalizada que las fuerzas operantes en el mercado establecen y restablecen, una y otra vez, el equilibrio de un modo automático (la mecánica del cambio). Pero una observación más atenta nos muestra que con el paso del tiempo el sistema productor altera el entorno y es alterado por él, generando un proceso secular que conduce invariablemente a un aumento de entropía que se traduce en costes crecientes o, más exactamente, en unos rendimientos físicos decrecientes.

El crecimiento demográfico no se detuvo y apenas si se ha amortiguado después de haberse rebasado largamente el límite histórico de los rendimientos crecientes. La humanidad ha seguido proliferando y el consumo fue aumentando peligrosamente bajo el impulso del multiplicador de la renta, la inno-

vación tecnológica y el atractivo publicitario. Y un crecimiento a coste creciente agota prontamente las reservas de recursos naturales económicamente utilizables⁹. La reducción técnica de los costes y las economías de escala, encubren pero no anulan el incremento real de los costes físicos, ni cambian por tanto su tendencia secular.

Análogamente, el coste monetario no refleja el coste termodinámico, entendido éste como aumento de entropía. En efecto, la facilidad con que se pueden cubrir los costes monetarios —basta aumentar la cantidad de dinero— alienta a persistir en el derroche y a acelerar la marcha hacia estados de alta entropía; y el proceso se introduce así por una peligrosa vía que conduce, cuando menos, a incómodas y costosas adaptaciones forzosas (centrales nucleares, proteínas sintéticas, ganadería drogada, explotación de fondos oceánicos, etc.).

El Principio de Simetría Marginal

Originariamente el concepto de entropía pertenece a la Termodinámica y representa la energía degradada ya no utilizable, como última fase del movimiento disipativo de un sistema cerrado y aislado del exterior. La entropía total o entropía máxima comporta una completa nivelación equivalente a lo que ahora vamos a llamar *simetría marginal*.

En principio los procesos naturales son procesos finitos, es decir, no perdurables; tienen, cuando menos, carácter cíclico. A todo proceso finito habría que asignarle un estado inicial y

9. Georgescu-Roegen define como reserva de "baja entropía" lo que usualmente se conoce como provisión natural de recursos primarios; el output de residuos inútiles pasa a formar el sumidero de "alta entropía".

El mundo posee una reserva finita de baja entropía económicamente accesible y utilizable por una sola vez; porque el sistema que cae en un estado de alta entropía es incapaz de salirse de él. La economía está pues sujeta a un proceso irreversible de transformación por el que la baja entropía disminuye continua e irrevocablemente.

Es así que la ley de entropía está en la base de la creciente escasez y explica los rendimientos decrecientes, como presagio de la decadencia final a escala planetaria.

NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN, *The entropy law and the economic process*, Harvard University Press, 1971.

un estado final; el tránsito de uno a otro marca una disimetría decreciente hasta detenerse en la simetría marginal.

Parece que, en general, los sistemas evolucionan en busca de una zona estable para llegar finalmente a cierto tipo de equilibrio, que resulta ser el estado «más probable» de acuerdo con el segundo principio de la Termodinámica. La simetría marginal sería la forma del estado final de equilibrio, pudiendo éste revestir múltiples configuraciones específicas: estado de reposo o de saturación, equilibrio termodinámico, estructura cristaloides y adaptación económica. En tal sentido la «optimidad» paretiana, la «perfección» walrasiana y el mismo «análisis marginal» no son extraños a este orden de ideas.

En efecto, siguiendo la lógica marginalista el organismo adaptable resuelve sus desequilibrios internos con sucesivos ajustes y reajustes hasta alcanzar un estado final adaptado en el que se igualan los valores marginales. Esta igualdad es una simetría.

Sólo falta que los teóricos del Marginalismo tengan conciencia de que están contemplando un caso singular del Principio de Simetría Marginal.

Ya en otro orden de cosas, la Física muestra cómo la materialización de la energía sigue un largo y complicado proceso en el que se suceden estados inestables para llegar a un estado final estable, definido por la simetría tetraédrica de moléculas y cristales. Fenómenos análogos se dan en el mundo biológico, como la simetría radial de algunas especies, estancadas tras unas fases de evolución; es el caso de los equinodermos.

Con todo esto quedan señaladas tres formas —bien dispares, por cierto— que obedecen por igual al Principio de Simetría Marginal, y suficientes para confirmarlo:

1. El equilibrio termodinámico como estado final de degradación de la energía y de los sistemas decadentes, disipativos, etc.
2. El equilibrio económico al que tienden los procesos de adaptación en los sistemas estables, estacionarios, etc.

3. La estructura cristalina del sistema regular (cubo, octaedro, tetraedro) como estado final de la evolución de la materia inanimada.

Respuestas inadaptadas

En el curso de nuestra investigación se ha comprobado la tendencia generalizada hacia estados de equilibrio; la razón no es otra que el imperativo de asegurar la subsistencia del sistema con absoluta prioridad a otro fin u objetivo posible. Es por esta razón que el organismo establece un *bloqueo defensivo* a su entorno contra cualquier cambio provocado por la hostilidad del medio exterior.

Dicho de otro modo: Actúan, por un lado, fuerzas que llevan al equilibrio estable y duradero, o restauran el equilibrio perturbado; por otro, operan fuerzas agresivas que podrían romper aquel equilibrio. O sea, existe también una tendencia al desequilibrio y al desorden. Pueden irrumpir fuerzas que, trastornando el status preexistente, traten de instaurar un orden nuevo a un nivel superior o tal vez inferior.

La dinámica de los sistemas evolutivos se sitúa en este plano; consiste en concentrar el esfuerzo principal en dirección a un fin lejano. En las fases intermedias los efectos, parciales y próximos, tienen una acción de retorno que refuerza y realimenta las causas (*feed-back*), impulsando el organismo a remontar hacia formas ultraestables. Por lo menos éste es el esquema cibernético del mecanismo elevador de la evolución.

Pero esta actividad dirigida en sentido evolutivo sufre graves fallos cuando el proceso escapa al control regulador. Entonces, fuerzas extrañas incontroladas, o una presión interna erigida en factor dominante, pueden generar un tipo de retroacción uniforme que desvía el proceso en una falsa dirección, inhibiendo a la vez la reacción correctora o compensadora. Es lo que Huant denomina *polarización hipertrófica de la retroacción* moviéndose unívocamente y capaz de producir formas aberrantes, distélicas y monstruosas, del todo inadap-

tadas y reñidas con el principio económico¹⁰. Fenómeno que se manifiesta, por ejemplo, en la proliferación explosiva de poblaciones, en las estructuras gigantes, lo mismo que en las ideologías extremistas y en algunos gobiernos totalitarios y absorbentes. Tanto la Historia natural como la Historia humana son pródigas en desviaciones de esta clase. Pero, sin duda, las más visibles han sido el crecimiento demográfico y el desarrollo industrial en los últimos ciento cincuenta años. Esto sin contar el aumento desmesurado de la burocracia.

Desde la época de la revolución industrial el proceso de acumulación capitalista se fue incrementando con tasas cada vez más elevadas. El capitalismo no ha respondido al modelo de una economía uniformemente progresiva sino que ha sido, de hecho, *una economía progresivamente acelerada*, realimentándose a sí misma sobre una vía que parecía no tener fin. Ya en el siglo XX y después de la primera guerra mundial, cuando se acusaba una saturación de los mercados y se advertía la proximidad del estado estacionario, como alternativa compensadora de un desarrollo secular desorbitado, las naciones industrializadas emprenden, *contra natura*, y bajo el impulso del multiplicador keynesiano, una nueva fase de crecimiento con tasas altísimas y totalmente desconocidas en el pasado.

Es un caso evidente de polarización hipertrófica del proceso económico, que podría introducirnos por la peligrosa senda que conduce a estados de alta entropía con carácter irreversible, como presagia Georgescu-Roegen.

Pero ya en términos más generales puede afirmarse que toda respuesta inadaptada, conducta antieconómica o hipertrofia estructural, son resultado de la impotencia, ineficacia o fallo del regulador. O, simplemente, que tal regulador no existe. Un sistema rígido por naturaleza y cerrado a la información no es regulable, e invariablemente dará respuestas inflexibles a la solitud del medio ecológico o social.

10. ERNEST HUANT, *Applications de la cybernétique a l'étude des mécanismes économiques*. Entreprise moderne d'édition, Paris 1965.

Resumen y conclusiones

I

Puede que la adaptación obedezca a un lejano designio o responda meramente al propósito de subsistir; pero esté o no dirigida teleológicamente, siempre estará encauzada económicamente.

Porque adaptación quiere decir economía de recursos escasos; y en razón a esta economía los procesos adaptativos van en busca de alguna forma de equilibrio en la presunción de que esta forma será más económica. Si se modifica el estado alcanzado, la adaptación al cambio requerirá un reajuste de variables que restaure el equilibrio o instaure otro, siquiera provisional e inestable.

Porque en el mundo de la naturaleza, lo mismo que en la sociedad humana, operan fuerzas que irán a romper el equilibrio y abrir una brecha a la novedad, o trazar una nueva senda por la que avance la evolución. Pero éstos son fenómenos que escaparían ya al marco de la economía adaptativa, esencialmente conservadora.

En general, la economía no va más allá de un principio de racionalidad. Una actividad estrictamente económica persigue, a lo sumo, objetivos próximos y fines muy limitados. Proponer altos fines trascendentales corresponde a las denominadas «ciencias morales y políticas» de vieja tradición. Sin duda la economía podrá prestarles su concurso pero, ella misma, es incapaz de asumir fines éticos o espirituales; es meramente adaptativa. Su objetivo será, pues, optimizar la función de adaptación.

Así, podemos definir la Adaptación como *el ajuste económico entre fines limitados y recursos escasos en un medio variable*, cualesquiera que sean aquéllos, pues ni unos ni otros interesan directamente a la Economía y, mucho menos, a la Cibernética.

II

Consecuentemente, Economía es autorregulación adaptativa; y se la define como *el principio general de racionalidad que*

debiera informar el comportamiento adaptativo de los sistemas sujetos a restricciones originarias e ineludibles.

El principio económico general presenta dos variantes:

- 1.º El Principio de Mínima Acción, que informa el comportamiento de los cuerpos materiales en tanto que masas.
- 2.º El Principio de Simetría Marginal, que informa la estructura y comportamiento de los organismos, biológicos y no-biológicos.

Son estos principios, mucho más que las «leyes económicas» lo que confiere a la Economía rango de ciencia.

Que el principio económico *debiera* informar, significa que no se impone de un modo absoluto como una ley rigurosa; que pueden darse, por tanto, conductas antieconómicas lo mismo que formas y estados inadaptados.

III

La economía natural o economía adaptativa, es economía pura, exenta de toda contaminación ideológica. En cambio, la economía política, la del hombre civilizado, está cada vez más impregnada de ideologías.

La ideología liberal, por ejemplo, retardando o recusando los medios de constricción y control, promovió un desarrollo acelerado por el que se ha debido pagar un excesivo coste, mayormente si este coste se mide en valores físicos o termodinámicos.

Cierto que todo progreso, entendido como ganancia de información, y aun la sola subsistencia de una comunidad estacionaria, tienen un coste real, mensurable en términos de entropía. La economía consistirá ahora en *optimizar el balance información-entropía* en cada caso concreto.

Seguramente, bajo un control normativo dirigido por informaciones, la política económica podría detener, o cuando menos retrasar, la marcha hacia estados de alta entropía.

A escala planetaria sólo la economía vegetal se mueve en sentido opuesto a la entropía, ofreciendo saldos positivos de in-

formación neta. En el reino animal y en la especie humana esto es excepcional. Pero mientras alumbre el sol habrá vida sobre la tierra. Cuidando de obtener la máxima cantidad de fotosíntesis por hectárea, la humanidad podrá subsistir en estado estacionario aunque lleguen a agotarse las reservas del subsuelo.

Por lo demás, desconocemos la evolución futura de la tecnología, si bien hemos de convenir que la historia puede orientarse en varias direcciones, no fatalmente en una sola.

IV

Digamos, para terminar, que con el Principio de Simetría Marginal se llega a la generalización completa del Marginalismo, comprobándose su alto valor explicativo. Con lo que la crisis de esta teoría ha tenido, al fin, un desenlace feliz.

También la ley de los rendimientos decrecientes ha de considerarse una generalización del segundo principio de la Termodinámica que enuncia la probabilidad de un aumento de entropía.

FRANCISCO CORTADA REUS