

**L. VON BERTALANFFY Y
PIAGET:
NUEVA CONCEPCION UNITARIA
DE LA CIENCIA
PATRICIA RODRIGUEZ HÖLKEMEYER**

“En abierto contraste con el romántico desprecio por las ciencias naturales y la técnica, han sido precisamente la técnica moderna, la cibernética, la física y la biología, las descubridoras de nuevas posibilidades de desarrollo del humanismo y de la investigación de lo específicamente humano”.

Karel Kosic

Hasta recientemente la ciencia ha estado dominada por el fisicalismo, por el po-

sitivismo. Esto ha dado lugar a la disputa entre positivistas y fenomenólogos de si existe un método para la ciencia o existen dos métodos, uno para las ciencias naturales y otro para las ciencias del espíritu.

La situación se miraba así: o reduccionismo fisicalista, o dos métodos. O materialismo o idealismo (vitalismo).

Tanto Piaget como Bertalanffy se han preocupado por la unidad de la ciencia,

basándose en los conceptos de estructura uno y de organización el otro.

Piaget basa su estructuralismo genético en la noción de sistema abierto que presumiblemente toma de Bertalanffy, así como en la noción de aprendizaje del fundador de la cibernética Norbert Wiener. Wiener, a su vez, correlaciona la noción de aprendizaje con la noción de desarrollo como adaptación del evolucionismo biológico. Este explica los cambios en las estructuras asimilativas como ajustes de la estructura a las perturbaciones ambientales.

Tanto el estructuralismo genético de Piaget como la teoría general de sistemas de Bertalanffy se encaminan a una concepción unitaria de la ciencia. Sin embargo, si bien en todos los órdenes físico, químico, biológico, psicológico, social, etc., encontramos organización y leyes que expresan la autorregulación de los procesos, esas leyes difieren según el nivel de complejidad del sistema en cuestión.

Tanto el estructuralismo genético como la teoría general de sistemas buscan leyes que expresen las constantes regulativas de los sistemas en los diversos niveles, buscando la unidad de la ciencia, no en la reducción a la física, sino en una unidad por la "forma" (Bertalanffy) o estructura (Piaget) que presentan los diferentes fenómenos en tanto sistemas, independientes si son de orden físico, químico, biológico, ecológico, psicológico o social. En todos los órdenes encontramos constantes funcionales, reglas de comportamiento, que permiten tratar los problemas de índole físico, biológico, etc., con la misma metodología y con modelos isomorfos, siempre y cuando se trate de sistemas con el mismo nivel de complejidad. Se puede hablar, entonces, de la existencia en el universo de una jerarquía de sistemas (no de disciplinas), y la ciencia debe construir una jerarquía de modelos que expliquen los fenómenos, respetando el nivel de complejidad. Sin reduc-

cionismos. Sin recurrir a factores trascendentes para realizar la explicación.

Bajo este punto de vista se obtiene isomorfismos entre fenómenos de diversos órdenes y, se puede, con base en esos isomorfismos, construir modelos muy generales para explicar "en principio" fenómenos con clases heterogéneas. Existe un isomorfismo entre el termostato y el mecanismo biológico de regulación de la sangre, pero este isomorfismo no es total, sino parcial, porque son fenómenos de naturaleza distinta. Sin embargo, se puede decir que el termostato explica "en principio" el mecanismo biológico. Esto hay que verificarlo.

El establecer isomorfismos entre fenómenos permite la comparación de los problemas entre las diferentes disciplinas; permite la obtención de un lenguaje común para codificar las observaciones.

Este método presenta un problema al investigador, debido a que explicar un fenómeno con un modelo basado en un isomorfismo parcial, puede llevar a falsas interpretaciones.

Esto es lo que le sucedió al estructural-funcionalismo que, en vez de tomar el modelo cibernético únicamente como un comienzo de investigación (método de investigación), aplicó dicho modelo idealistamente (sin continua constatación empírica) a la realidad social. Es decir, bajó la investigación a medio camino y dio por real una abstracción.

La presente investigación está encaminada hacia una fundamentación epistemológica del enfoque sistémico. Está dirigida por la insistencia de Bertalanffy de que el modelo adaptativo de la cibernética no es lo suficientemente complejo como para explicar el cambio evolutivo en los sistemas superiores, sino que sólo explica el desarrollo de sistemas determinados por disposiciones estructurales. Asimismo, está dirigida

da por la insistencia de Bertalanffy de que los sistemas superiores (de mayor complejidad organizacional), no se transforman merced a la autorregulación compensadora de la desviación, sino merced a la acción contraria a esta regulación, que procede de la interacción dinámica de los componentes del sistema, interacción que no es necesariamente consensual sino conflictiva. Los sistemas superiores presentan dos clases de regulaciones, una estructural y otra no estructural, de la relación contradictoria de estas dos regulaciones o tendencias es que surge la posibilidad de cambio cualitativo.

La presente investigación confronta el modelo adaptativo, que Piaget toma de la cibernética para explicar la génesis de la inteligencia, con el modelo morfogenético que Bertalanffy toma de la observación empírica de sistemas biológicos, y que lo llevan a decir que si en el terreno biológico hay regulaciones que se realizan al margen de toda determinación por la estructura y son las responsables del cambio evolutivo, con mayor razón esto se ha de tomar en

cuenta como guía heurística, al observar los sistemas de orden superior como son los sistemas sociales.

Bertalanffy no desarrolla una teoría de las revoluciones sociales, pero pone de ejemplo la teoría de Walter Buckley quien se encamina por la dirección de lo observado en la morfogénesis biológica, hacia una teoría de la sociedad que incorpora las mismas observaciones ya hechas, mucho antes, también, por Marx para explicar los cambios sociales.

La presente investigación también propone un modelo similar, que complementarí­a el modelo de Piaget de la génesis de ese sistema abierto de orden superior y de complejidad extrema, que es el sistema cognoscitivo. Dicho modelo se inspira en el fenómeno filogenético descubierto por el biólogo Garstang y que llama "Paedomorfosis", así como en la teoría del pensamiento lateral de Edward de Bono y pone en evidencia las limitaciones del enfoque cibernético de Jean Piaget.

PRIMERA PARTE

EL CAMBIO DE MENTALIDAD

Se ha venido diciendo que la teoría general de sistemas (TGS) es la expresión teórica de una nueva mentalidad, de una nueva manera de ver las cosas. Bertalanffy —el creador de la teoría general de sistemas, o sea, de una rama de la ciencia que se dedica a investigar los mecanismos epistémicos comunes entre los diferentes dominios del saber— considera a este enfoque de sistemas como un nuevo paradigma en el sentido empleado por T.S. Kuhn en **La estructura de las revoluciones científicas**¹.

La TGS deja de concebir el mundo como el todo armónico y bien trabado, guiado por leyes que determinan necesariamente el comportamiento de las cosas, que era el mundo de la física de Newton, e introduce dentro del quehacer científico obligadamente la **aleatoriedad**.

El mundo ya no será visto bajo la lente de la armonía preestablecida y de la ley, sino bajo el concepto de organización. De la concepción estática mecanicista de Newton-Leibniz, según la cual el mundo existe hecho de una vez por todas, donde la ciencia lo que debe hacer es descubrir las leyes invariantes que expresan esa armonía preestablecida, se pasa a una concepción de la ciencia que no va en búsqueda de hechos brutos o leyes hechas, sino procesos de organización.

La ciencia del siglo XX se ha topado con que la realidad no es tan simple como revelaban las leyes de Newton, sino que detrás de esa aparente simplicidad, captable por un esfuerzo analítico, se ocultan leyes más abarcadoras que contienen en sí complementariamente los dos momentos de que habla la dialéctica de Hegel, el momento positivo o entendimiento y el momento negativo, confuso y caótico, de lo que con respecto al primer momento sería aleatorio o contradictorio, pero no por ello menos real. Si se quiere tener un verdadero conocimiento, se debe elaborar una teoría sintética que supere uno y otro momento en una nueva síntesis o cambio cualitativo de perspectiva.

La física clásica con el descubrimiento de Max Planck del quantum de acción, con la aparición del principio de indeterminación de Heisenberg y con la teoría de relatividad de Einstein, sufrió por primera vez una revolución en sus bases teóricas, permitiendo la entrada de lo aleatorio, de lo contingente, en su marco teórico. Más tarde, Bohr encuentra una solución al asunto encaminada dentro del espíritu de la dialéctica de Hegel y da cabida a la continuidad y a la discontinuidad en un solo principio; el principio de la complementariedad. Heisenberg y P. Jordan, junto con Boltzmann en Alemania y Gibbs en los Estados Unidos introducen en la física, contrariamente a la necesidad y la ley, la noción de probabilidad. Boltzmann y Gibbs fueron quienes, por primera vez, insinuaron que la parte funcional de la física no podría escaparse de considerar la incertidumbre y la contingencia², creándose así una mecánica probabilística.

Para algunos todo acontecer físico es esencialmente probabilístico y no expresión de leyes inmutables y necesarias como se creía hasta entonces. Oigamos a Norbert Wiener, el fundador de la cibernética:*

“Implícito en el trabajo de Newton hay una importante consideración estadística, aunque el siglo XVIII que vivió de él lo ignorara. Ninguna medida física es siempre precisa; y lo que tenemos que decir acerca de la máquina o cualquier otro sistema dinámico realmente tiene que ver, no con lo que debemos esperar, cuando se tiene las condiciones iniciales completas, sino algo acerca de su distribución. La parte funcional de la física, en otras palabras no puede escapar de considerar la incertidumbre y la contingencia de los eventos. Ha sido mérito de Gibbs el haber tomado la contingencia en consideración”³.

La noción de explicación científica en la física clásica estaba basada sobre la noción de la causalidad, que explica los hechos presentes enteramente por estado de cosas del pasado, inspirada en la causalidad mecánica de la acción y reacción, donde la causa es un hecho simple que ejerce acción lineal sobre otro, determinándolo en su totalidad. Bajo este enfoque, a toda causa sigue un efecto como la bola de billar, que al tocar otra bola le produce un efecto de desplazarse de acuerdo con la fuerza con que fue tocada. En la mecánica clásica lo que interesa es el caso ideal libre de perturbaciones y los acontecimientos contingentes propios de los procesos (los efectos de resistencia de la mesa o del aire, para el caso de las bolas de billar), apenas se toman en cuenta a manera de ajuste en las mediciones. Se puede decir que en la explicación causal lineal “la información se transmite por completo de la causa al efecto”⁴ (adelante volveremos sobre este concepto).

* Las traducciones del inglés son responsabilidad del autor.

La física clásica operó bien con este enfoque hasta que hizo crisis con la microfísica. En el átomo intervienen un sinnúmero de fuerzas que determinan la posición y velocidad de los electrones alrededor del núcleo, de manera que el poder explicativo y predictivo de la causalidad lineal se torna insuficiente. En la física cuántica se comienza a hablar de multicausalidad, de interacción dinámica, y hasta de organización⁵.

La innovación de la perspectiva abierta por Gibbs, dice Wiener, fue considerar no sólo a un mundo, armonía preestablecida, regido por unas únicas leyes o formas ideales limpias de contingencia, sino considerar una multiplicidad de mundos como respuesta a nuestras específicas preguntas o intenciones cognoscitivas. La manera de obtener conocimiento exacto, en un mundo que no se rige únicamente por leyes deterministas, es seleccionar un universo de elementos homogéneos (por ejemplo átomos de helio), sacar una muestra, observar los aspectos de su comportamiento que nos interesa observar y una vez determinado cuál es el comportamiento o pauta que estadísticamente más se repite, generalizar dichos resultados a todos los elementos del universo seleccionado. De esta manera se obtiene un elevado grado de exactitud y de poder predictivo. Sobre esta base dice Gibbs que las respuestas que nosotros demos a preguntas sobre un universo, serán posibles respuestas a preguntas que hagamos sobre otros universos. Pero Gibbs, influenciado por la segunda ley de la termodinámica, dice que esta probabilidad irá en aumento en tanto que el mundo envejece, hasta llegado un momento en que todo lo que ocurre tendrá la misma probabilidad de ocurrir. Será un mundo de desorden total. La medida de esta probabilidad es lo que se conoce en termodinámica con el nombre de "entropía".

Pero mientras se pueda todavía determinar en las muestras que observamos, las probabilidades de ocurrencia de los eventos, podremos hacer predicciones porque obtendremos 'información' de las observaciones.

Federico Engels en **Dialéctica de la naturaleza**⁶, se pronunció contra la aplicación de la segunda ley de la termodinámica más allá de los fenómenos propios del calor o del movimiento molecular. Se declara absolutamente en contra de estas extrapolaciones, a su juicio inválidas, en favor de la dialéctica y del progreso como superación de las contradicciones.

Por otra parte, la cibernética señala que, a pesar de que el mundo en su totalidad exhibe una tendencia de desgaste entrópico hacia un estado de desorden creciente, en el universo existen sistemas que exhiben una tendencia contraria, elaboran constantemente orden. Dichos sistemas constituyen "islas de entropía negativa dentro de un mar entrópico", para utilizar la metáfora de Wiener⁷.

Los seres vivos contrarrestan la segunda ley de la termodinámica, mientras se mantengan en continua relación y comunicación energética con el mundo circundante y mantengan la capacidad de controlar dicho intercambio. Wiener atribuye este hecho a la capacidad de dichos sistemas de regular y controlar los estímulos ambientales, de manera que no establezcan cualquier tipo de relación con su medio, sino que actúen selectivamente, asimilando únicamente del medio aquellos elementos que contribuyan a elaborar o a mantener la organización. La cibernética descubre que dicha capacidad selectiva se debe a la existencia, en dichos sistemas, de mecanismos de control por retroalimentación negativa (feed-back) (adelante explicaremos en detalle en qué consiste este control).

La cibernética desarrolla este concepto observando los sistemas de control automático creados por el hombre (servo-mecanismos) y, principalmente, comparando el comportamiento autocontrolado de dichos sistemas, con los mecanismos de control de los procesos metabólicos de los sistemas vivientes.

“Los relatos más antiguos sobre los sistemas vivos consideran la auto-regulación como una ley primordial de la vida, y aducen al respecto tal función autorregulativa; en efecto, las actividades animales –primordialmente la alimentación y la reproducción, pero también las funciones metabólicas involuntarias, como la respiración, la digestión, etc.–, sirven todas ellas a este fin, ya sea con vistas al organismo individual o a la especie. La supervivencia de un organismo individual de una especie es, por lo tanto, el funcionamiento con éxito de los procesos de autorregulación; y en las formas superiores de la vida, la muerte biológica de los individuos de una especie es el fracaso relativo de tales procesos.

La cuestión referente a si esto es o no un rasgo reducible de los sistemas vivos depende en gran manera de las definiciones que se adopten, porque en un sentido ha quedado abundantemente claro que el concepto de auto-regulación y auto-conservación tiene un análogo mecánico, y que el mantenimiento de un estado estacionario u homeóstasis, es una característica tanto de los sistemas vivos como de los no vivos”⁸.

L. von Bertalanffy introduce en la biología la noción de sistema abierto. Los sistemas biológicos abiertos se caracterizan (al igual que las máquinas autorreguladoras) por procesar selectivamente información, manteniendo la organización (metabolismo) (morfofostasis). Pero también se caracterizan por elaborar organización (evolución de los sistemas vivos hacia formas más complejas de organización) (morfogénesis).

Bertalanffy, sin embargo, establece una distinción en relación con la perspectiva informacional de los cibernéticos, en lo que a los sistemas vivos se refiere. Los sistemas mecanizados asimilan y procesan únicamente información, mientras que los sistemas vivos procesan también materia y energía.

“Los fenómenos típicos de retroalimentación u homeostáticos son ‘abiertos’ con respecto a la información entrante, pero ‘cerrados’ por lo que atañe a la materia y a la energía”⁹.

Los sistemas cibernéticos construyen orden y organización a partir de los datos recibidos, asimilándolos como información. Los sistemas vivos, además de traducir la información en orden y organización, progresan hacia niveles de mayor complejidad organizacional y pueden utilizar la energía y la materia del universo como fuerza organizadora, que les permite tanto reproducirse como evolucionar hacia formas superiores de existencia. E. Schrödinger expresa esta idea afirmando que el organismo se nutre de entropía negativa (neguentropía)¹⁰. Esta posibilidad no está abierta a la máquina y la excesiva comparación de las estructuras organizadoras de los sistemas vivos con las estructuras organizadoras de los sistemas autocontrolados, elaborados por el hombre, puede llevar a serias confusiones.

Con mucha frecuencia los biólogos utilizan la palabra información para referirse

tanto a procesos internos en los sistemas (transmisión de 'información' del ADN por parte del ARN), como a los procesos de comunicación con el medio exterior (variaciones fenotípicas por *asimilación* de 'información' [variedad] del ambiente [Piaget]). Sin embargo, es importante recordar que se trata de un símil tomado del lenguaje de los sistemas automáticos, y si bien existen similitudes en ambos universos, también existen grandes diferencias (véase apéndice).

Bertalanffy considera que los sistemas de retroalimentación y control "homeostáticos" son un caso significativo, pero especial, de los sistemas autorreguladores y fenómenos de adaptación, pero que no explican en su totalidad el comportamiento de los sistemas vivos.

Bertalanffy no está de acuerdo con la interpretación de Gibbs de la segunda ley de la termodinámica (las reservas de Engels con respecto a la aplicación universal de la segunda ley de la termodinámica, se justifican desde la perspectiva de la teoría general de sistemas), ni con la interpretación cibernética de que los sistemas se mantienen vivos debido a que consumen neguentropía (información) solamente, sino que considera que los sistemas vivos no sólo consumen neguentropía (teoría del desarrollo como resultado de la adaptación; asimilación de 'información' y acomodación a ella) (Piaget), sino que son sistemas que también pueden producir entropía negativa o información como resultado de la interrelación dinámica de sus componentes con el medio. Recordemos que el postulado básico de la teoría general de sistemas es que, de la interrelación de las partes del sistema con el medio, se obtienen propiedades diferentes de las de los componentes tomados sumativamente, y que la modificación de una de esas relaciones puede producir una modificación súbita en todas las demás (véase capítulo II). Bertalanffy señala que,

*"Desde el punto de vista energético, en este caso no encontramos 'causalidad de conservación' (Erhaltungskausalität), donde vale el principio 'causa aequat effectum', sino 'causalidad de instigación' (Anstosskausalität) (Mitsch, 1948): un cambio energéticamente insignificante en una parte conductora provoca un cambio considerable en el sistema total"*¹¹.

No sólo el consumo, sino la producción de entropía negativa es patente en los sistemas filogenéticos, psicológicos superiores y socioculturales, sistemas que, como dice Bertalanffy,

*"se organizan a sí mismos por diferenciación progresiva, evolucionando desde estados de baja complejidad hasta estados de alta"*¹².

Cada estadio de desarrollo de un sistema obedece a cambios cualitativos en la forma de interrelacionarse sus componentes, cambios que le permitirán alcanzar una relación mucho más rica en posibilidades de interrelacionarse con el entorno.

"... algunos biólogos de orientación holista estarían de acuerdo en deshacerse de la 'vis' o el 'élan' innatos del vitalismo; en vez de ello sostienen que los organismos no son mecanismos simplemente porque a cierto nivel de organización aparecen determinadas propiedades que, evidentemente, no existen a niveles inferiores. El peso de este argumento recae sobre los conceptos de 'nivel' y 'organización'. Estos teóricos aseguran, en primer lugar, que una cualidad como la que llamamos 'viviente' no es

meramente el resultado aditivo o suma de una combinación de partes o elementos, sino más bien el producto de cierta configuración de propiedades distintas¹³.

Algunos cibernéticos (Wiener, Ashby, Piaget) conciben la evolución como la adaptación, el ajuste del sistema a la diversidad exterior. Consideran que el progreso se debe a la flexibilidad de la estructura de transformarse controladamente (autorregulación) e indefinidamente. Dichos cibernéticos de alguna manera convierten la estructura en causa eficiente.

Las siguientes palabras de Piaget hablan por sí solas:

“Una vez que cualquier área del conocimiento ha sido reducida a su sistema autorregulador o ‘estructura’ el sentimiento de que uno ha llegado a ‘tocar’ la más profunda fuente del movimiento es casi inevitable¹⁴.

Desde el punto de vista del modelo adaptativo, no hay creatividad ni libertad, el progreso sólo es resultado del autocontrol de la estructura. Para los estructuralistas “la naturaleza no comete ni rectifica errores” (Piaget).

Sin embargo, otros biólogos de orientación holista (Bertalanffy, Rensch, Waddington, etc.) consideran la evolución no necesariamente como adaptación, sino como el resultado de la capacidad de los sistemas vivos de establecer nexos informacionales cada vez más complejos, entre los componentes entre sí y con el medio exterior. Conciben la evolución no como el resultado de una reacción frente a las perturbaciones externas, sino como una acción de apertura constante (retroalimentación positiva e interacción dinámica), aun al precio de cometer errores. En estos ensayos de la naturaleza siempre hay especies que se extinguen; pero también la extinción es condición de la evolución y el progreso hacia formas superiores¹⁵.

Podemos adelantar un concepto: todo desarrollo en los sistemas vivientes se paga con entropía.

Para L. von Bertalanffy la vida

“... es un drama lleno de tensión, de movimiento y de trágicas peripecias. La vida asciende penosamente en torbellino hacia alturas siempre más elevadas pagando por cada paso. Se desarrolla de lo unicelular a lo multicelular y al mismo tiempo da entrada a la muerte en el mundo. Pasa a niveles de mayor diferenciación y centralización y paga por ello con pérdida de regulabilidad después de los trastornos. Inventa un sistema nervioso muy desarrollado, y a la par el dolor. Añade a partes originales del sistema nervioso un encéfalo que permite la consciencia, con la que logra mediante todo un mundo de símbolos prever y encauzar lo por venir; al mismo tiempo se ve obligada a sumar la angustia por lo venidero, que desconocen los brutos; finalmente, bien pudiera ser que tenga que pagar este desarrollo con la destrucción de sí misma¹⁶.

La vida no es una propiedad de la capacidad de automantenimiento de la estructura, sino una propiedad del ecosistema en general y de sus múltiples conexiones e interacciones.

Al respecto dice C.H. Waddington:

“... No puede haber una sola unidad, por compleja que sea su estructura interna, que pueda considerarse viviente, sin hacer referencia a la situación no incluida en esa unidad”¹⁷.

Y añade:

“... lo viviente es una propiedad inevitable, propia del ecosistema en total, y no la propiedad de una colección de macromoléculas”¹⁸.

En relación con el hombre dice A. Shaff:

“El hombre es en su realidad el conjunto de las relaciones sociales; si se prescindiera de este componente social del individuo, solamente subsisten entre los hombres los lazos que origina la naturaleza, lo cual es falso”¹⁹.

El progreso del hombre no puede caracterizarse como resultado de la interacción biológica adaptativa con “su” medio ambiente. Conocer al hombre y a la sociedad bajo un paradigma de esta índole, es conocerlo únicamente bajo un aspecto ideológico (ilusión subjetiva o falsa consciencia).

La epistemología de Jean Piaget, fundada en las implicaciones de los hallazgos de la cibernética y de los estudios de la inteligencia artificial, desestima estas consideraciones y su estructuralismo genético no supera la perspectiva atomista del enfoque clásico que quiso superar.

Si el movimiento evolutivo tuviera como origen la “actividad” reactiva de las estructuras a las perturbaciones del medio, en tanto totalidades aisladas que se transforman gradualmente para restablecer el orden y el equilibrio perdidos por perturbaciones exógenas, resulta difícil —dice Bertalanffy— explicarse por qué la evolución ha producido especies superiores como el hombre, que, mediante la capacidad de comunicación simbólica con los demás hombres, ha podido crear nuevas relaciones con su medio ambiente, extendiéndolo cada vez más, creando todo un mundo de civilización y de cultura. Resulta difícil explicarse por qué la evolución fue más allá del conejo, del arenque o incluso de la bacteria, especies que casi ningunas otras aventajan cuando se trata de multiplicarse porque son especies muy bien adaptadas²⁰.

Bertalanffy considera que la adaptación a condiciones del entorno y la evolución hacia formas más elevadas de organización, son dos cosas distintas²¹.

L. von Bertalanffy insiste en que la interacción dinámica y la actividad espontánea son de naturaleza primaria, mientras que la autorregulación por retroalimentación de información compensadora de desviaciones de la dirección (creoda), que lleva la estructura hacia la consecución de equilibrio con su medio, es un mecanismo regulador que se le superpone; la autorregulación por retroalimentación es de naturaleza secundaria. Sin embargo, esta última es una condición de la evolución porque sin ella no será posible la evolución hacia estructuras más y más complejas. Sin ella, lo que habría sería mutación tras mutación en una forma desordenada sin enriquecimiento de la estructura.

Tenemos que apertura y consolidación son dos momentos contrarios, pero complementarios en el desarrollo evolutivo. La interacción dinámica es esencialmente libertad. Autorregulación y autocontrol constituyen constricciones a la libertad de interacción, para que los cambios producidos por la interacción dinámica sean cada vez de mayor complejidad y con mayor capacidad de establecimiento de nexos comunicativos con el ecosistema total. Bajo este punto de vista tenemos que "la libertad es condición de la construcción y la construcción es condición de la libertad"²².

La regulación como control (secundaria) y la regulación como interacción dinámica (primaria) son dos aspectos opuestos, pero complementarios,

*"Esta pareja es una expresión moderna de la vieja antítesis entre 'proceso' y 'estructura' que tendrá que acabar resolviéndose dialécticamente en una nueva síntesis"*²³, dice Bertalanffy.

REGULACION E INFORMACION

En la historia de la ciencia fue Leibniz quien por primera vez habló de información. Bajo la perspectiva de Leibniz, dominada por la mentalidad mecanicista del siglo XVII (recordemos que Leibniz fue contemporáneo de Newton), se concibe la información como la capacidad que tienen las cosas de relacionarse entre sí, pero no por intercambio de energía, sino por intercambio de significados. Concibió un mundo esencialmente constituido por pequeñas fuerzas o almas que llamó mónadas, cuya actividad consistía en la mutua contemplación sobre la base de una armonía preestablecida. El mundo que concibió Leibniz era previamente ordenado y gobernado por leyes de interacción física inmutables. Leibniz solía decir que las "mónadas no tienen ventanas", esto quiere decir que no existe la posibilidad de mutuo enriquecimiento, ni de evolución hacia formas más elevadas de existencia, sino que el mundo mantenía su orden nada más como "una sutil consecuencia de una interacción óptica"²⁴. Leibniz introduce el concepto de mensaje, pero solamente en el sentido sutil apuntado.

Para la cibernética para la cual las "mónadas sí tienen ventanas (sobre todo si se trata del comportamiento de los sistemas vivos; Piaget), los sistemas mantienen o aumentan la organización gracias a la existencia en dichos sistemas, de mecanicismos de regulación. En el mundo no leibniziano de comunicación, la idea de contingencia es determinante. No existe una armonía preestablecida, sino un mundo en proceso de organización y desarrollo creciente, cuya esencia es la creación constante de posibilidades nuevas de interrelación informativa.

Para la perspectiva no leibniziana, la información no es el resultado de una interacción óptica, sino que es producción de estructuras nuevas.

Para un sistema abierto adaptativo constituye información los contenidos del medio ambiente que puede asimilar (seleccionar), en virtud de la complejidad estructural de sus mecanismos reguladores (Schmalhausen, Piaget) y de los contenidos nuevos que se produzcan, como resultado de la interacción estructurante de los sistemas con su medio exterior.

Tenemos que la información implica dos cosas:

1. Un elemento de asimilación (autorregulación)
2. Un elemento de novedad (valor sorpresa).

Piaget define el crecimiento de la estructura como resultado de la regulación como control, sólo como regulación secundaria.

“En su forma más general, una regulación es un control retroactivo que mantiene el equilibrio relativo de una estructura organizada o de una organización que se está construyendo. Pero como la construcción de una estructura no es disociable de su regulación, hay que añadir que este control retroactivo, aunque sigue siendo un control, constituye un enriquecimiento para la organización misma. En las situaciones elementales, la regulación se confunde incluso con la organización, en la que expresa, sin más, el juego más o menos equilibrado de las interacciones. En el caso de estructura que se está construyendo, el control retroactivo enriquece la construcción, en el sentido de que coopera con esta construcción”²⁵.

L. von Bertalanffy cifra sus esperanzas de una ciencia unificada en que para él, la unidad ontológica del universo radica en que encontremos organización en todos los niveles.

“Con la teoría general de los sistemas alcanzamos un nivel en el que ya no hablamos de entidades físicas y químicas, sino que discutimos totalidades de naturaleza completamente general. Con todo, habrá principios de los sistemas abiertos que seguirán valiendo y siendo aplicables en campos más amplios, desde la ecología, la competencia y el equilibrio entre especies, hasta la economía humana y otros campos socio-lógicos. . . La teoría de tales sistemas, pues, sería un principio unificador capaz de combinar fenómenos diversos y heterogéneos bajo el mismo concepto general”²⁶.

Para Bertalanffy, la manera de conocer el mundo es a través de sistemas conceptuales que reflejan los procesos de estructuración (regulación), pero también de cambio (aparición de novedad) en los diferentes niveles de complejidad en que se ha desarrollado la materia. Los procesos evolutivos no son producto únicamente de estructuración autorregulada como en Piaget, sino de la cualidad de los sistemas de producir resultados cualitativamente diferentes de la interrelación dinámica, porque dicha interrelación genera propiedades nuevas no posibles a la estructura por más que se transforme.

Piaget fundamenta su epistemología genética en que existe una unidad ontológica y al mismo tiempo gnoseológica, bajo el supuesto de que el conocimiento lógico-matemático refleja “la esencia regulativa de la vida”²⁷ (pero únicamente la regulación secundaria).

Para Piaget la característica primordial de la organización es, como dijimos anteriormente, la regulación. En parte tiene razón, porque la estructura y la regulación son la parte estable de los sistemas (totalidades organizadas), y porque hay estabilidad y repetición en los fenómenos es que encontramos inteligibilidad en ellos. El puro azar no revela organización alguna, por lo que no se puede obtener ninguna información de él. Esto nos lleva a decir que para que haya información es necesaria la aparición de su opuesto: la redundancia.

Tanto la adaptación como el aprendizaje dependen de la capacidad de transformar el 'ruido' en información, la aleatoriedad en norma:

“La existencia de relaciones repetidas entre los datos es la base matemática del reconocimiento de una configuración (o estructura). Un organismo que posea la capacidad de captar las relaciones repetidas y conservarlas en memoria, reconoce en cada experiencia sucesiva, cada vez con más precisión, la forma de un proceso”²⁸.

Dentro de esta línea de pensamiento, la función de la lógica y de la matemática vendría a ser buscar (heurística y lógicamente), los códigos generadores de orden (mecanismos reguladores) que subyacen a todo proceso.

La información únicamente se transmite cuando hay una organización, tanto en el mensaje en sí como en la estructura cognitiva del receptor. Por ejemplo, un mensaje hablado implica una organización en un lenguaje conocido por el receptor. Por más poética o rigurosamente que venga organizado dicho mensaje, no será entendido por el receptor que no conozca el idioma en que está codificado el mensaje. La información introduce orden en un conjunto de signos; por esta razón, la teoría cuantitativa de la información que estudia las diversas posibilidades de organización de un mensaje, considera que la información es equivalente a la entropía negativa (lo contrario de desorden).

Norbert Wiener define la información como

“El contenido de lo que es intercambio con el mundo exterior al tiempo que el sistema se ajusta a él y hace que dicho ajuste se haga sentir también en él. Es un proceso de ajuste a las contingencias del entorno de manera que el sistema pueda convivir eficientemente en él”²⁹.

Esto nos lleva al principio de diversidad necesaria de W. R. Ashby quien dice que:

“Si un sistema u organización ha de adaptarse a su ambiente o ha de controlarlo, debe contener por lo menos tanta variedad o “entropía” o “libertad” de elección de alternativas como la que existe en el ambiente en cuestión”³⁰.

Contrariamente a las teorías asociacionistas y empiristas del conocimiento, cuyo principal representante en la historia de la filosofía ha sido John Locke, y consiguientemente las filosofías conductistas basadas en el esquema de estímulo respuesta (E-R), dichas definiciones implican que para conocer es preciso una asimilación de la información a esquemas o estructuras previas, y entre más organizada sea la estructura asimiladora, mayor es el potencial informativo que con la mediación de éstas se puede asimilar.

“Cualquier conocimiento trae consigo siempre y necesariamente un factor fundamental de asimilación que es el único que le confiere una significación a lo que es percibido o concebido”³¹,

dice Piaget.

Estas reflexiones de la cibernética constituyen la base de la epistemología genética de Piaget, para quien el desarrollo de la inteligencia es el desarrollo de las estructuras asi-

milativas reguladoras de la información, que son las estructuras de la inteligencia, las cuales en su proceso de desenvolvimiento como respuesta a las perturbaciones y estímulos del ambiente, progresan desde estados de baja complejidad hasta estados de alta.

Para Piaget dicho proceso es continuo. Para él igual que para Leibniz, la naturaleza no da saltos.

“... Todo sistema de conocimiento es en realidad circular y la extensión del conocimiento consiste solamente, desde tal punto de vista, en agrandar lo más posible el campo comprendido entre sus fronteras. Como hemos mostrado en otra parte, la clasificación de las ciencias mismas presenta tal estructura y el progreso, en su desarrollo vuelve a transformar este círculo en una espiral en virtud de una sucesión indefinida de semejantes agrandamientos sucesivos”³².

Las estructuras de la inteligencia encuentran su punto de equilibrio (regulación con precorrección del error, reversibilidad operatoria) cuando se desprenden, por abstracción reflexionante, de las coordinaciones generales de las acciones y comienzan a tender por sí solas, hacia la constitución de un estado de equilibrio u homeóstasis, que se expresa como reversibilidad operatoria. Es decir, cuando alcanzan un estado de cierre.

Según Piaget, conocemos con exactitud y con objetividad, gracias a la cualidad reguladora de la información procedente del medio, que dichas estructuras proporcionan. Piaget fundamenta su operatividad (exactitud y objetividad como instrumentos del conocimiento) en el hecho de que como están constituidas como resultado de la relación del hombre con su medio, reflejan la esencia regulativa de la vida.

Por otro lado, la teoría cuantitativa de la información nos dice que la principal característica de la información es su valor sorpresa. Una situación que constantemente se repite no constituye información para el receptor y tampoco desencadena en él ninguna acción.

Por ejemplo, si yo digo que el lector que en este momento lee estas líneas es un ser humano, no estoy diciendo mensaje informativo alguno, porque esto ya lo sabe el lector; pero si alguien penetrara la habitación donde lee tranquilamente y le dice ¡incendio!, entonces este mensaje sí tendrá carga informativa y desencadenará en él la acción de abandonar rápidamente la habitación. ¿Por qué el segundo mensaje sí es informativo? Porque un incendio es una situación altamente improbable en la rutina del lector, y dicho mensaje constituye una sorpresa para él.

Estas reflexiones nos muestran el carácter dialéctico de la información. La información se mide tanto por su valor sorpresa (contingencia), como por el orden (armonía) que introduzca en una fuente de signos y en la comunicación misma.

La información necesita de un vehículo material o energético para transmitirse, pero difiere de la materia y de la energía en tanto que la energía que desata la acción del receptor, es generalmente mayor que la que contiene el canal por el cual se transmite. En varias ocasiones la ausencia de energía se interpreta como información. Tal es el caso de las alarmas que desatan acción cuando se interrumpe un haz de luz.

La capacidad de los sistemas vivos, apuntada por Bertalanffy, de crear novedad no solo acomodándose a la información del medio para ajustarse a las contingencias, es lo que les permite evolucionar hacia formas cualitativamente superiores creando novedad en el universo.

La evolución es producto de esta clase de acción creadora, pero no de la acción compensadora de la desviación que ejerce la autorregulación estructural (secundaria).

Solo la novedad generada por la interrelación dinámica, es realmente informativa para generar en el sistema una acción de cambio cualitativo.

Todo esto implica que las cosas no son tan simples para el conocimiento.

Las operaciones logicomatemáticas reflejan la esencia regulativa (secundaria) de la vida, y como tales, no pueden dar cuenta del elemento de novedad que se produce por la interrelación dinámica.

Las estructuras logicomatemáticas, como regulaciones secundarias que son (regulación como precorrección del error con base en feedback), se constituyen después que las situaciones nuevas (producidas por la interacción dinámica) generan novedad y por lo tanto información (creatividad y espontaneidad de los sistemas). Le concedemos la razón a Noel Moulud cuando afirma:

“Parece también que las pesquisas efectivas de las ciencias estructurales pueden ayudarnos a aproximar dos nociones que se ponen a menudo en oposición: la noción de un pensamiento ‘lógico’, es decir, plenamente sistematizado, y la de un pensamiento ‘dialéctico’, esto es, que progresa hacia las sistematizaciones a través del conflicto de las representaciones o de las formulaciones. Situándose en el punto de vista de un pensamiento vivo, que es investigación, no se podrá dar un valor absoluto, irrelativo, al ideal lógico del sistema: el sistema^{} representará el estado codificado de una investigación que no puede ser codificada íntegramente en el momento que ella progresa”³³.*

Las estructuras cognoscitivas se mueven hacia el equilibrio, mientras que la realidad se mueve hacia nuevas aperturas que rompen relaciones de equilibrio.

Dicha situación nos obliga a tener en consideración los problemas epistemológicos, expresa Karel Kosic:

“Solo la concepción dialéctica del aspecto ontológico y gnoseológico de la estructura y del sistema permite llegar a una solución fructífera, y evitar los extremos del formalismo matemático, de una parte, y del ontologismo metafísico, de otra. Las analogías estructurales de las diversas formas de relaciones humanas (lenguaje, economía, relaciones de parentesco, etc.) pueden conducir a una comprensión y explicación más profundas de la realidad social, a condición de que sean respetadas tanto la analogía estructural como el carácter específico de los fenómenos en cuestión.

* Para nuestro efecto léase estructura en vez de sistema.

La concepción dialéctica de la relación entre la ontología y la gnoseología permite reconocer la falta de homogeneidad o correspondencia entre la estructura lógica (modelo) mediante la cual se explica la realidad o determinado sector de ella y la estructura de esa misma realidad. Con ayuda de un determinado modelo, que estructuralmente es de 'orden inferior' respecto a la estructura de determinada esfera de la realidad, esta esfera más compleja sólo puede ser comprendida de un modo aproximado, y el modelo puede constituir una primera aproximación a una adecuada descripción e interpretación de la realidad. Fuera de los límites de esta primera aproximación la interpretación resulta falsa. Gracias al concepto de mecanismo por ejemplo, es posible explicar el mecanismo de un reloj, el mecanismo de la memoria, el mecanismo de la vida social (del Estado, de las relaciones sociales, etc.). Pero sólo en el primer caso el concepto de mecanismo agota la esencia del fenómeno y lo explica de manera adecuada, mientras que en los otros dos casos, merced al modelo del mecanismo, se explican solamente ciertos aspectos del fenómeno, o una determinada apariencia suya fetichizada; es decir, se tiene la posibilidad de una primera aproximación y de una comprensión conceptual de los fenómenos. En tales casos se trata de una realidad más compleja, cuya adecuada descripción y explicación exigen categorías lógicas (modelos) estructuralmente adecuados''³⁴.

Nunca las estructuras logicomatemáticas darán cuenta de toda la novedad producida por los sistemas que existen en el ecosistema en interrelación dinámica.

El conocimiento progresa asintóticamente hacia el saber absoluto, sin embargo, siempre habrá categorías residuales en nuestros esquemas cognoscitivos o en nuestras teorías en el momento en que la ciencia progresa. Cuando queremos captar la esencia de un fenómeno tenemos que separarlo por un proceso de abstracción del ecosistema, y conocerlo en tanto que totalidad isomorfa a nuestros esquemas. Tenemos que reducir su diversidad y complejidad al tamaño de esquemas que tienen una restricción histórica, según el desarrollo de la ciencia. Por otro lado, los sistemas complejos presentan siempre un grado de indeterminación mucho más considerable que los sistemas probabilísticos de la mecánica de Gibbs, porque son sistemas que, a diferencia de los sistemas físicos (homogéneos), producen neguentropía. Los sistemas físicos a pesar que se determinan por la interacción de fuerzas, fenómeno que se hace más patente en los fenómenos atómicos, son sistemas que no procesan ni crean información, por eso se les puede asignar probabilidades y de esta manera establecer predicciones sin problemas de exactitud o de objetividad.

El estudio de los sistemas vivos plantea un problema diferente al investigador. Partimos de que para conocer se necesita una estructura asimilativa que tenga igual diversidad o complejidad que la estructura del sistema que deseamos conocer. Si partimos como Piaget que las estructuras asimilativas reflejan el fenómeno en su aspecto regulativo, es decir estructural, y si para conocer tenemos que separar artificialmente los sistemas del ecosistema con el cual forman una unidad mayor, el conocimiento que tengamos sobre una estructura, siempre es de naturaleza inferior a la del sistema total en interacción dinámica (tanto en sus componentes internos como en sus interrelaciones con el ecosistema), pues como dice Waddington, ningún sistema existe aislado en el universo y la vida no es propiedad del sistema sino del ecosistema. La idea piagetina de que las estructuras evolucionan por sí mismas (por reglas de transformación —autorregulación—) es una ficción atomocista.

Sólo un pensamiento dialéctico animado por la imaginación y la intuición puede dar cuenta de lo que no aparece al pensamiento lógico (que refleja la vida en su aspecto regulativo). Sólo el pensamiento dialéctico puede superar la totalidad abstracta y dar cuenta del movimiento como una capacidad ecosistémica.

El conocimiento, al igual que la vida para Sartre, es esencialmente "carencia". Por eso también es constantemente "búsqueda". En esto consiste el carácter antidogmático del pensamiento dialéctico.

Paul K. Feyerabend en su original obra **Contra el método**, en una frase de inspiración hegeliana dice:

*"Cada proceso, cada objeto, cada estado, etc., contiene realmente parte de la naturaleza de todo otro proceso, objeto, estado, etc. Conceptualmente esto significa que la descripción completa de un objeto es autocontradictoria. Esta descripción contiene elementos que dicen lo que el objeto es; son los elementos utilizados por la ciencia y por el sentido común en sus descripciones habituales, que consideran parte de sus piedades y adscriben las demás al exterior. Y también contiene otros elementos que dicen lo que el objeto no es. Son éstos los elementos que la ciencia y el sentido común ponen fuera del objeto, atribuyéndoselos a cosas que se supone están completamente separadas pero que están realmente contenidas en el objeto bajo consideración. El resultado es que 'todas las cosas están encerradas en una contradicción interna' "*³⁵,

y luego añade,

*"El proceso contendrá parte de aquello de lo que se ha separado, y esta parte tendrá que ser descrita mediante ideas inconsistentes con las ideas utilizadas para describir el proceso original, que está por ello condenado a contener contradicciones también"*³⁶.

T.S. Kuhn nos muestra en **Estructura de las revoluciones científicas** cómo una estructura explicativa, en este caso un conjunto de teorías (Paradigma) que se demuestran cualitativamente agotadas para explicar un fenómeno de un nivel de complejidad mayor, deben "mutar" hacia otro conjunto de teoría (otro paradigma), para explicar el fenómeno en cuestión (que para el paradigma anterior constituye una anomalía). Solo de esta manera se pueden superar las excesivas contradicciones que existen entre modelo y realidad cuando un paradigma se agota para explicar fenómenos de complejidad cualitativamente mayor.

Estas consideraciones ponen de relieve que la metáfora de Piaget, de que el proceso de conocimiento es una espiral en ensanchamiento progresivo, es una ficción.

A esto cabe añadir que la ciencia no es una estructura que progresa por sí sola, sino que las diferentes teorías científicas son producto de la organización lógica de los resultados obtenidos de las diferentes preguntas, que desde diversas disciplinas el hombre se ha hecho (Toulmín), según los diferentes problemas que la convivencia humana ha decidido históricamente que requiere solución (Bernal). La ciencia no es una entidad abstracta que progresa indefinidamente por "asimilación" de información y acomodación a ella³⁷. La

ciencia ha evolucionado superando muchas contradicciones y dejando todavía muchas lagunas que resolver. La actividad científica es una actividad que sí da saltos.

ORGANIZACION, NIVELES DE COMPLEJIDAD E INVESTIGACION INTERDISCIPLINARIA

El enfoque en sistema facilita —hace más operacional— el estudio del funcionamiento de los sistemas abiertos, mediante la búsqueda (a partir de la observación y la investigación de sistemas concretos) de propiedades generales, aplicables a los diversos sistemas que presenten un mismo nivel de complejidad organizacional. Se trata de un modo de explicación científica no por leyes universales, como en la física, sino por la 'forma' en que se desarrollan los procesos. No es una unidad por la ley sino una unidad por la 'forma'. La unidad de la ciencia que busca L. von Bertalanffy no es una unidad por reducción a la Física (ideal de Laplace y de los positivistas), sino que se trata de una unidad basada en la forma de la organización en sus diversos niveles de complejidad. La TGS no es una metodología reduccionista sino perspectivista, y al mismo tiempo objetiva, porque se basa en la organización de la información obtenida de la observación empírica.

La teoría general de sistemas (TGS) se ha desarrollado en dos líneas principales, una inductiva (Bertalanffy) y otra deductiva (Ashby).

En palabras de Ashby:

“Es fácil distinguir dos líneas principales. Una ya bien desarrollada en manos de von Bertalanffy y sus colaboradores, toma el mundo tal como lo hallamos, examina los varios sistemas que en él se dan —zoológicos, fisiológicos, etc.— y ofrece entonces enunciados acerca de las regularidades que se han hallado válidas. Este método es esencialmente empírico. El segundo método consiste en empezar por la otra punta. En lugar de estudiar primero un sistema, luego otro, después otro más, hay que cambiar de extremo, que considerar el conjunto de todos los sistemas concebibles y entonces reducir el conjunto a dimensiones más razonables. Tal es el método que he seguido recientemente”³⁸.

Sin embargo, añade L. von Bertalanffy que la primera vía se mantiene siempre cerca de la realidad; la segunda vía aunque puede conseguir grandes sistemas coherentes, a veces no pasa de ser más que un juego matemático sin aplicabilidad ninguna³⁹.

Si bien la TGS parte de buscar isomorfismos (similitudes formales) entre los sistemas según su nivel de complejidad, solo una gama muy pequeña de ellos han adquirido forma matemática; es decir, se han podido explicar matemáticamente. Para los niveles de mayor complejidad, la TGS busca modelos de naturaleza cualitativa, más que de naturaleza matemática. No obstante, la TGS ha encontrado ecuaciones que de una forma abstracta son aplicables a diferentes dominios. Pueden describir, de manera parcial (isomorfismos parciales) aspectos de fenómenos tanto en el dominio biológico como en el dominio social. . . Este enfoque trasciende las barreras disciplinarias, interesándose más por la solución de problemas concretos, que por reducir la explicación a los cánones de una disciplina particular.

Mario Bunge considera que el reto mayor que la TGS da a la concepción clásica de

la ciencia, es que sus modelos no son ni verificables ni falseables, sino solamente corregibles con base en una continua comparación con la realidad concreta⁴⁰. Por esta razón sus modelos no son leyes en sentido estricto, sino bases para la comparación entre fenómenos y para su comprensión, de manera que se pueda actuar efectivamente en ellos. Para un enfoque de esta naturaleza la verdad o falsedad (adecuación o inadecuación) de los modelos con que se explican los sistemas, solo la determina la práctica misma (por el éxito o fracaso de la acción técnica que se ejerza sobre los sistemas reales).

La gran utilidad de los modelos, en la mayor parte de los casos, se debe a que constituyen una guía para la observación de los fenómenos que el investigador quiere explicar. Contribuyen más a la formulación correcta de las preguntas que a la solución directa de los problemas, problemas que con el enfoque clásico ni siquiera se hubieran podido formular. También aportan un lenguaje unificado entre los diferentes dominios, permitiendo la comunicación interdisciplinaria.

Los diferentes modelos de la TGS sirven para explicar clases heterogéneas, así como las generalizaciones de la mecánica probabilística de Gibbs son aplicables a clases homogéneas. El modelo que explica el funcionamiento de un termostato, es isomorfo al modelo que explica la regulación de la cantidad de azúcar en la sangre. Dicho modelo explica estas dos clases heterogéneas. Sin embargo, no se pueden hacer predicciones tan exactas como cuando se trata de generalizaciones en clases homogéneas, sobre todo, en sistemas de un grado elevado de complejidad.

La función de los isomorfismos parciales es, como dice Piaget, proporcionar una base para la comparación de los problemas en las diferentes disciplinas, favoreciendo la colaboración interdisciplinaria con base en un lenguaje común. Dicho lenguaje es el lenguaje en que se expresan las diferentes modalidades (de preservación y de cambio), que se han observado en los diferentes sistemas que interactúan en un ecosistema.

Por otro lado, dichos modelos basados en isomorfismos parciales constituyen una guía heurística para la observación de los sistemas concretos y para la construcción de modelos conceptuales adecuados (con la misma diversidad de contenido que los sistemas reales).

Tomadas estas consideraciones, la perspectiva abierta por la TGS es una contribución a la unidad de la ciencia. Sobre todo, porque dicha perspectiva permite comprender cuáles son los principios generales de la organización en los diferentes niveles.

En relación con esta pretensión nos dice Karel Kosic,

“La posibilidad de crear una ciencia unitaria y una concepción unitaria de la ciencia se basa en el descubrimiento de la más profunda unidad de la realidad objetiva. El notable desarrollo de la ciencia en el siglo XX depende del hecho de que cuanto más se especializa y diferencia la ciencia, cuanto más nuevos campos descubre y describe, tanto más transparente se vuelve la unidad material interna de los sectores de la realidad más diversos y alejados, a la vez que se plantea de un modo nuevo el problema de las relaciones entre mecanismo y organismo, entre causalidad y teleología, y con ello, el problema de la unidad del mundo. La diferenciación de la ciencia que en determinadas etapas de su desarrollo parecía amenazar su unidad y prestaba el

peligro de fragmentar el mundo, la naturaleza y la materia en todos independientes y aislados, y de transformar a los hombres de ciencia de las diferentes especialidades en eremitas solitarios privados de todo contacto y posibilidad de comunicación, conduce con sus resultados y consecuencias reales a un descubrimiento y conocimiento más profundos de la unidad de la realidad. Por otro lado, en esta comprensión más profunda de la unidad de lo real representa una comprensión también más profunda del carácter específico de sus distintos sectores y fenómenos particulares. En abierto contraste con el romántico desprecio por las ciencias naturales y la técnica, han sido precisamente la técnica moderna, la cibernética, la física y la biología las descubridoras de nuevas posibilidades de desarrollo del humanismo y de la investigación de lo específicamente humano”⁴¹.

La teoría general de sistema constituye un paradigma que abre los horizontes de la concepción del mundo, de la investigación científica y de la solución de los problemas técnicos que afronta la civilización.

Sin embargo, dicho enfoque presenta problemas a la ciencia, de índole ética y al investigador, de índole epistemológica.

Conociendo cómo funcionan los sistemas se les puede transformar (ya esto había sido expresado por Marx) y depende de quienes transforman o manipulan los diferentes sistemas y para qué fin lo hacen, para que los resultados de esta acción transformadora se traduzcan en beneficio y no en perjuicio de la supervivencia y desarrollo de la humanidad como totalidad. Es en relación con la protección del desarrollo de la vida misma, que los efectos de la manipulación de los sistemas deben medirse y no con relación al crecimiento y desarrollo de sectores particulares de la humanidad en perjuicio de otros sectores.

Por otro lado, dicho enfoque presenta al investigador el problema epistemológico que se ha venido discutiendo entre idealistas y materialistas, de si un modelo conceptual abstracto es suficiente para entender la realidad. El clásico problema de identidad del ente con la mente.

Solamente un investigador que conozca estos problemas y que posea una manera dialéctica materialista de abordar el problema de la objetividad, realizará investigaciones que constituyan un reflejo de la realidad y no meramente una versión fetichizada de ella. Actuar técnicamente sobre un sistema cuando solamente se tiene una interpretación y una significación subjetivas de su funcionamiento puede llevar a situaciones letales, o a la ineficacia, en el mejor de los casos.

La perspectiva de los sistemas nos enseña que la significación de un mensaje depende de la mediación de estructuras asimilativas, pero para que la significación sea real y no subjetiva, dichas estructuras (modelos conceptuales) deben ser sometidas a continuas pruebas dialécticas. El conocimiento objetivo va a depender únicamente de dicha praxis. La única prueba de que el modelo contiene la misma diversidad del fenómeno en cuestión, nos la da la observación de los resultados, para de esta manera corregir, con base en esta información, dicho modelo y así sucesivamente, hasta alcanzar un grado de conocimiento operativamente objetivo.

A este efecto, es imprescindible que el científico tenga en cuenta que existe una di-

ferencia radical entre los fenómenos que estudia la física y la química, por un lado, y los fenómenos que estudian las ciencias de la vida y las ciencias psicológicas y sociales, por otro.

Walter M. Elsasser, en su libro **Atomo y organismo, nuevo enfoque de la biología teórica**, subraya que la principal diferencia entre la química, la física y la biología, radica en que las primeras tratan de fenómenos con clases homogéneas, mientras la segunda con clases heterogéneas.

En los fenómenos físicos, la predicción es suficientemente exacta si se extrapolan las observaciones realizadas en una muestra a toda la clase. Los modelos que estudia la TGS se aplican a clases heterogéneas. La extrapolación de las observaciones advertidas en una clase, sin una actitud crítica alimentada por la constante observación y verificación del modelo, conducirá a serias falsedades, con las consecuencias que esto implica para la práctica científica misma y la praxis tecnológica y revolucionaria.

La investigación en sistema implica que debe construirse, al final de la investigación, un modelo **específico** para cada clase o situación. El modelo abstracto solamente constituye una guía para comenzar la investigación y debe ser superado (método de investigación y método de exposición en Marx).

Elsasser dice:

“En mecánica estadística, de hecho, se dedica mucho esfuerzo a mostrar que sistema homogéneo y clases homogéneas son conceptos del análisis teórico estrechamente relacionados y en grado considerable intercambiables (teoría de Gibbs). Naturalmente, no es esto un accidente. Los métodos de la física y la química convienen idealmente a las clases homogéneas, con sus componentes intercambiables. Pero la experiencia muestra que los objetos de la biología son radicalmente inhomogéneos, tanto como sistemas (estructuralmente) y como clases (genéricamente). Por lo tanto, el método de la biología, y en consecuencia sus resultados, diferirá mucho del método y resultados de la ciencia física. La inhomogeneidad será nuestra clave al dirigirnos a un tratamiento teórico de los fenómenos biológicos. Hasta llegaremos a decir que consideramos la física como la ciencia que se ocupa esencialmente de sistemas y clases homogéneos, y la biología como ciencia de los sistemas y clases inhomogéneos”⁴².

En relación con los fenómenos físicos que estudia la mecánica clásica se puede decir, como dijimos al principio, que la causa tiene toda la información sobre el efecto y el efecto toda la información sobre la causa. Desde el punto de vista del conocimiento abstracto se puede decir que hay reversibilidad completa. Conociendo el efecto, se puede averiguar la causa que lo explica totalmente y sabiendo la causa podemos predecir el efecto.

En los fenómenos microfísicos que estudia la mecánica cuántica no se puede decir que una causa contiene toda la información sobre el efecto, porque en los procesos atómicos hay multicausalidad. Pero el comportamiento del átomo se puede conocer mediante el cálculo de probabilidades, porque su comportamiento depende de fuerzas perfectamente determinables estadísticamente. Es decir, a cada posibilidad de interconexión se le puede asignar una probabilidad definida.

Los fenómenos que estudia la TGS son principalmente los biológicos, psicológicos y sociales, y dichos fenómenos se caracterizan por elaborar organización a partir de la información que asimilan selectivamente del ambiente exterior, por una parte, y por producir información (neguentropía) a partir de la interrelación dinámica como "materia prima" para ulteriores organizaciones con enriquecimiento para la estructura misma, por la otra. En todo proceso donde hay creación estructural a partir de selección de variedad y producción de información, la estructura que resulta (como producto de este proceso evolutivo), contiene una información cuantitativa y cualitativamente distinta a la de la estructura que fue objeto de transformación (recordemos que la información es medida de la organización).

Si se trata de una transformación análoga a las transformaciones matemáticas, que estudia la teoría de los conjuntos y que Piaget explica con bastante claridad, cuando se refiere a las transformaciones atemporales de las estructuras logicomatemáticas, tenemos que existe un alto grado de inteligibilidad en la transformación y que la estructura que resulta de esta transformación, contiene toda la información sobre la estructura que se transforma. Se trata de un proceso de transformación con un alto grado de regulación y de control. Si dicho enfoque matemático se aplicara a un proceso temporal, tendría que tratarse de un proceso con un alto grado de inteligibilidad, es decir, sin ruido en sus transformaciones. Esto prácticamente no existe en los niveles superiores.

El proceso de transformación de las estructuras matemáticas es reversible, porque el matemático posee el "código", las reglas de transformación que le van a dar la información que necesita para realizar la operación correctamente. Se trata de un proceso reversible de diferenciación e integración. Pero desde el punto de vista de la información que se obtiene de la estructura misma que se transforma, solamente la estructura más fuerte contiene toda la información sobre la estructura más débil (Goedel). (Marx también había observado este fenómeno cuando decía que el hombre es la clave del mono).

Con respecto a las estructuras temporales tenemos una situación parecida a la apuntada por Goedel. Ninguna estructura se explica por sí misma, sino solamente con referencia a la estructura más compleja que dio o que va a dar origen con la transformación. Pero la diferencia entre las estructuras conceptuales matemáticas y cibernéticas, y las estructuras temporales, es que en las primeras, la estructura que resulta contiene toda la información sobre la estructura que le dio origen, pero en las estructuras temporales de los sistemas evolutivos, la estructura que resulta solo tiene información parcial sobre el proceso. La utilidad de realizar estudios históricos para poder determinar cuál es la pauta o tendencia que lleva la estructura bajo transformaciones es innegable, pero dicho estudio no me va a dar toda la información que se necesita para predecir con exactitud, cuáles van a ser las características concretas de la estructura que resulta. Aunque se conozca la tendencia o las leyes de transformación de dicha estructura, siempre habrá un elemento de indeterminación (como consecuencia de la interacción dinámica) al que no se le pueden asignar probabilidades con un grado de exactitud considerable. La investigación histórica tiene la inmensa utilidad que puede ayudar a esclarecer cuáles son las leyes que con un grado muy elevado de generalidad, explican las transformaciones a que se ha visto sujeta en el pasado, pero sobre esta base nunca se podrá tener una predicción exacta o absoluta.

Para Piaget la situación es diferente. Como él no atribuye ningún papel considerable a la interacción dinámica, sino solo a la cualidad autorreguladora y transformadora, mer-

ced a reglas y controles, la predicción exacta estaría posibilitada siempre y cuando se conozca el código que expresa esas transformaciones de la estructura. Esto es imposible para las estructuras temporales superiores. No se puede tener un conocimiento exacto, sino solamente aproximado. Para entrever el futuro puede más la imaginación y la intuición, que el poder autorregulador (precorrección del error) de la logística.

La perspectiva de Piaget es útil para explicar algunos fenómenos, pero es insuficiente para explicar la producción constante de novedad que genera la interacción dinámica en los sistemas evolutivos superiores. Esta perspectiva se ha demostrado errada en la práctica, con el fracaso de casi todos los sistemas de planificación no revolucionaria que existen, de un lado y otro de la cortina de hierro, en el mundo.

La estructura no tiene capacidad indefinida de transformación, sino que a todas las estructuras les llega el momento en que se agotan, para asimilar la variedad que genera la interrelación misma. La evolución y el progreso solamente se producen como superación de las contradicciones; la muerte relativa (relativa porque siempre hay reproducción de la vida misma, a través de la reproducción de las especies o de la mutación hacia especies superiores) es la condición de la vida; y la extinción parcial es la condición de la evolución hacia formas superiores.

Estamos de acuerdo con Piaget que la especie que muta no tiene toda la información sobre la especie que resulta, pero la especie que resulta tampoco tiene toda la información sobre la especie mutante, porque no se trata de una transformación de una estructura más débil a otra más fuerte, en el sentido matemático, sino de un verdadero salto cualitativo, de una actualización de potencialidades no contempladas por ninguna teoría de las probabilidades y por ningún cálculo logístico. Esto no quiere decir que la especie que resulta no contenga una buena parte de la información sobre dicho proceso, y que el investigador no pueda obtener dicha información al observar la estructura que resulta, para así sacar conclusiones y proyecciones aproximadas acerca de los posibles cambios futuros de la estructura. Pretender que las ciencias sociales tienen un poder predictivo exacto, es, como dice Serrano, negar la existencia de la libertad creadora para los sistemas superiores.

“Un sistema social que responda exclusivamente a normas compartidas, un sistema consensual perfecto, sería el único absolutamente predecible por el sociólogo. Una sociología orientada a ‘saber para prever’, entendiendo la predicción en su sentido más estricto (determinación total de los comportamientos futuros del sistema a partir de su organización) está reclamando que el objeto social carezca de libertad real para transgredir o cambiar sus normas”⁴³.

Ya hemos visto que un proceso es inteligible únicamente si se puede asimilar a estructuras previas. Solo hay información a condición de que exista una organización en la información; pero, por otro lado, sabemos que la información debe llevar consigo un valor de sorpresa para que sea fuente de entropía negativa, es decir, para que produzca acción. Informar no es transformar, pero toda transformación consciente de un sistema supone la adquisición de una información y su transmisión al sistema. Para cambiar la sociedad sobre la base de la planificación, el planificador debe disponer de una información nueva, del que estén ausentes los códigos retóricos y los modelos de comportamiento estereotipados (Serrano). Pero por más creatividad que disponga un planificador, siempre se le esca-

pará que la verdadera información (creatividad; novedad), la aporta la interrelación dinámica de las partes (antagónicas, no necesariamente consensuales) del sistema complejo en cuestión (Praxis revolucionaria). (Bertalanffy sostiene que una de las propiedades básicas de los sistemas superiores, es que contienen como parte de sí la lucha de componentes; existen varios modelos matemáticos que describen situaciones de conflicto basados en la observación de sistemas reales —Roux—)⁴⁴.

No todas las interacciones del sistema colaboran para el mantenimiento de una determinada disposición estructural, sino que el cambio de una estructura caduca viene más por la interrelación de las partes que no se ajustan a ella, que por la acción de las partes que interactúan consensualmente en favor de su mantenimiento.

M.M. Serrano refiriéndose a la posición de Huant, un especialista en cibernética dice:

“La supervivencia de la sociedad se logra si, cada vez que las regulaciones funcionales detienen el cambio normativo, la sociedad lleva a cabo la rotura de su equilibrio eligiendo un proyecto que, por definición, es contrario al orden funcional establecido. La rotura del orden como único modo de reproducción social tiene un costo que Huant mide como ‘sacrificio del consenso’ mediante un algoritmo que llama ‘derivada sociológica’ ”⁴⁵.

La estructura de Piaget es consensual, armónica y asimila sin problemas la información o variedad del medio ambiente, acomodándose a ella, sin sufrir contradicciones internas.

El operacionalismo extremo parece basarse en el supuesto de que existe una equivalencia entre información y entropía negativa, y que la cantidad de información es igual a la indeterminación destruida, como dice la teoría cuantitativa de la información basada en los teoremas de Shannon y Wiever. Esto es cierto para una teoría de la verdad estilo Leibniz-Descartes-Newton, para quienes conocer era obtener información, al tiempo que se eliminaba la indeterminación porque la causa poseía toda la información sobre el efecto. Bastaba hallar la causa para que la indeterminación quedara completamente destruida.

El mundo en el que todos los sistemas se relacionan dando lugar a la evolución y el progreso como fruto de esa interrelación, el conocer nunca va a ser destruir completamente la indeterminación. Al conocer un sistema en un sentido, lo dejamos de conocer en otro. Si conocemos un sistema en su aspecto medible, lo dejamos de conocer en sus determinaciones cualitativas y en sus múltiples interrelaciones. Si lo conocemos en su aspecto regulativo (su estructura) nada más, no podremos comprender la contradicción producida por la interrelación dinámica de componentes con intereses encontrados.

Para la perspectiva sistémica conocer en un sentido siempre es un no conocer en otro. Por eso decimos, que todo conocimiento se paga con entropía. Esto lo expresa claramente L. von Bertalanffy cuando dice que:

“Los conceptos de la teoría de la información (teoría cuantitativa de la información)⁴⁶ —particularmente la equivalencia entre información y entropía negativa— corresponden por lo tanto a la termodinámica ‘cerrada’ (termostática) y no a la termodinámica irreversible de los sistemas abiertos”⁴⁷.

Pero al mismo tiempo Bertalanffy añade que una termodinámica irreversible ha de ser presupuesta, si el sistema ha de ser autoorganizador y marchar hacia mayor diferenciación.

Bertalanffy no pone en duda que la información es organizadora y, por lo tanto, implica entropía negativa, lo que Bertalanffy no acepta es la equivalencia, pues para conocer hay que pagar también con entropía (Carácter contradictorio del proceso de conocimiento mismo).

SEGUNDA PARTE

LAS REGULACIONES Y EL PROBLEMA DE LA FINALIDAD

Como hemos visto anteriormente, el comportamiento de los sistemas abiertos se caracteriza por ser organizado y, por lo tanto, presentar regulaciones.

Vimos también que en los sistemas abiertos, contrariamente a los sistemas cerrados, hay progreso, y por lo tanto una vección o dirección.

La concepción moderna de la ciencia, basada en la teoría de los sistemas, deja de lado la noción de Inercia y de la concepción clásica de la ciencia y la sustituye por el concepto de dirección.

La noción de dirección ha sido mal interpretada en biología y se ha querido explicar por la finalidad, trasladando al comportamiento orgánico, en general, una propiedad antromórfica que es la del comportamiento dirigido por metas.

La explicación finalista implica una forma de causalidad: se elige una pauta por una razón; pero en la explicación finalista, tal razón no aparece más que recurriendo a la existencia en la materia de una voluntad similar a la del hombre o entelequia, o recurriendo a causas trascendentes a la materia, por ejemplo, un plan preestablecido. Nos salimos entonces de la ciencia e incurrimos en el campo de la metafísica, dejando sin solución el problema científico.

La cibernética, con la utilización del concepto de retroalimentación acuñado por el fisiólogo Wagner en 1928⁴⁸, ofrece una solución a este problema de la finalidad, en tanto que todo sistema de retroalimentación implica una regulación, y por lo tanto, una dirección explicable por el sistema mismo sin recurrir a factores trascendentes.

Sin embargo, el concepto de retroalimentación tal y como lo concibe la cibernética, todavía no soluciona el problema cuando se trata de sistemas cuya regulación no se establece a priori. En los sistemas cibernéticos, por ejemplo en la autorregulación de los servomecanismos y las computadoras, la regulación se establece a priori, pues está determinada por la forma de construcción del aparato y por la forma en que se le programe. La regulación propia de la cibernética opera, como dice Bertalanffy, por disposiciones fijas (ver apéndice). Puede haber evolución en los resultados, pero no en las pautas de la regulación misma.

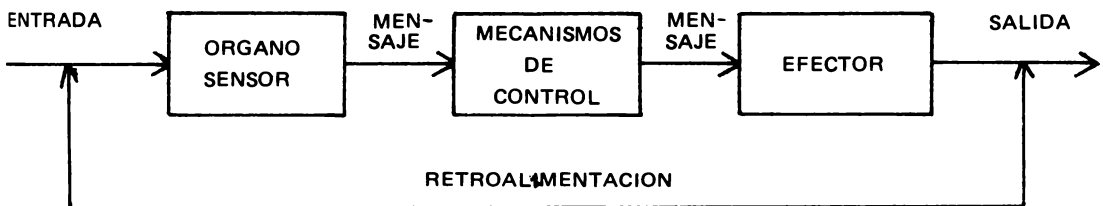
La situación es diferente cuando se trata de sistemas equifinales o morfogenéticos, tales como la embriogénesis o la evolución. Bertalanffy llama a las regulaciones propias de los sistemas cibernéticos, regulaciones secundarias, y a ciertas regulaciones propias de los sistemas morfogenéticos, regulaciones primarias, las cuales no se explican por la retroalimentación cibernética, sino por la interacción dinámica de los componentes en relación dialéctica con el medio. Para entender la diferencia entre las regulaciones primarias y las secundarias, así como para entender lo que Bertalanffy llama "la confusión epistemológica suscitada por el mal uso de la "finalidad", es preciso detenernos un poco y explicar en qué consiste la regulación por retroalimentación.

RETROALIMENTACION O FEEDBACK

El proceso de retroalimentación se aplica a los sistemas en equilibrio homeostático, en una forma más simple que en los sistemas que implican crecimiento, aumento o desarrollo.

Los sistemas homeostáticos poseen más características de sistemas cerrados que de sistemas abiertos; lo que los constituye en sistemas abiertos, es que presentan un comportamiento reactivo frente a las perturbaciones del medio: las desviaciones se retroalimentan como información, información que desencadena una reacción en los mecanismos de regulación (que existen por disposiciones estructurales fijas), corrigiendo la desviación o el error. En tecnología se utiliza muchísimo este principio, cuando se trata de estabilizar determinada acción; los termostatos, los proyectiles autodirigidos que corrigen la desviación hasta que dan en el blanco, etc. En los organismos se encuentra, en la mantención de la temperatura (de donde surgió el término homeóstasis, Cannon 1929), en el balance del sistema endocrino, etc. Es la función del sistema nervioso y del cerebro de servir de mecanismos de regulación.

El siguiente es un esquema sencillo de retroalimentación (tomado de Bertalanffy)⁴⁹.



Primero tenemos una entrada de información del exterior, que entra junto con la información que proviene del estado actual del funcionamiento de sistema. Esta información es recibida por un receptor u "órgano sensorio", ya sea una celda fotoeléctrica, una pantalla de radar, un termómetro o un órgano sensorio en sentido biológico.

En los aparatos tecnológicos el mensaje puede ser una corriente eléctrica; en un organismo vivo puede ser un impulso nervioso. Una vez recibida esta información por el aparato receptor, es mediatizada por un aparato de control que es el encargado de ejercer el control o regulación. La acción de este aparato de control es definida a priori, si se trata de un aparato; y es una disposición fija, se se trata de un organismo.

Una vez realizado el control o el ajuste de la información entrante, ésta es transmitida como producto (output) por un efecto al exterior, a la vez que es devuelta al sistema junto con la nueva información entrante de fuera, dándole también al mecanismo de control del sistema una información del funcionamiento mismo del sistema en cuestión. Norbert Wiener define el concepto de retroalimentación cibernética, como el control de un proceso con base en su comportamiento actual, en vez de su comportamiento esperado a la hora de construir la máquina⁵⁰.

Afanasiev define así la retroalimentación:

“De conformidad con este importante principio de las conexiones inversas (retroalimentación), la debida dirección solo puede realizarse cuando el sistema dirigente reciba la información acerca del efecto logrado por una u otra acción del objeto de la dirección y de si se ha logrado o no la meta. La disparidad entre el estado real del sistema y el programado sirve precisamente de señal para la reestructuración del sistema, con el fin de que funcione en el sentido previsto. Las conexiones inversas vienen a ser un complejo sistema de dependencia causal, en la que el resultado de la acción anterior influye en el curso ulterior del proceso. En el caso de las conexiones inversas se logra una interacción, en la que la causa y el efecto se alternan constantemente. La causa, al engendrar el efecto experimenta la influencia inversa y se convierte en efecto de su propio efecto.

Sin las conexiones inversas (aplicadas al organismo vivo suelen llamarse aferencia inversa o aferencia sancionadora) el proceso de dirección sería imposible. Las conexiones inversas se conocen en fisiología mucho tiempo antes de surgir la cibernética. Pero esta última ha demostrado que la existencia de las conexiones inversas es una ley de todo sistema autogobernado, independiente de su naturaleza cualitativa.

El organismo vivo conserva su integridad únicamente porque el órgano dirigente, el sistema nervioso, está constantemente informado de las desviaciones respecto a sus funciones vitales normales. Al recibir una información desfavorable, el órgano pone en marcha los correspondientes mecanismos y corrige las desviaciones, reestableciendo el estado normal del sistema”⁵¹.

En los sistemas evolutivos la situación es más compleja. Allí la pauta o dirección del sistema no se determina a priori, ni por disposiciones fijas ni por mecanismos de control, sino que se trata de una regulabilidad producto de la capacidad adaptativa del sistema, la cual es mucho más flexible que la regulabilidad homeostática, pues le permite al sistema cambiar su estructura para acomodarse a las contingencias o perturbaciones del medio. Wiener denomina a esta regulabilidad “aprendizaje” y Piaget lo denomina “homeorresis” (Waddington).

Bertalanffy se refiere a estos procesos llamándolos equifinales. La equifinalidad es la capacidad que tiene un organismo o sistema de llegar a un mismo resultado por medios distintos, debido a la flexibilidad de la estructura para asimilar y acomodarse al medio, portador de variedad.

Sin embargo, Bertalanffy diferencia las regulaciones cibernéticas de otras regulaciones que, como dije anteriormente, llama primarias y no se caracterizan por ejercer una ac-

ción compensadora a la desviación de la dirección o pauta que lleva la estructura que progresa (creoda; Waddington), sino más bien por la exploración de vías alternativas a las determinadas por el control de la regulación secundaria. Las regulaciones primarias son las responsables de que exista en el comportamiento de los sistemas vivos tanto la equifinalidad (desarrollo) como la multifinalidad (evolución).

Piaget se opone a esta distinción que hace Bertalanffy entre las regulaciones primarias y secundarias, porque para él, en el proceso de formación de las estructuras logicomatemáticas, intervienen una cantidad mayor de regulaciones, las cuales se desarrollan en una forma secuencial y controlada, desde la regulación de las primeras coordinaciones sensoriomotoras, hasta la consecución de un estado de equilibrio, caracterizado ya no por la retroalimentación, sino por la reversibilidad: las operaciones logicomatemáticas. Piaget sostiene que una vez logrado dicho estado de equilibrio, las operaciones tienen la facultad de regirse por leyes propias de regulación y control (reglas de transformación), de manera que prolongan así las regulaciones naturales, permitiéndole al hombre controlar —con precorrección del error— los fenómenos naturales. Piaget fundamenta la correspondencia de tales estructuras mentales con las estructuras reales en que, al proceder de la regulación de las relaciones del hombre con su entorno, reflejan y proyectan la esencia regulativa de la vida.

Dice Piaget:

“Los procesos cognoscitivos se nos manifiestan, entonces simultáneamente como la resultante 1 de la autorregulación orgánica cuyos mecanismos esenciales reflejan, y como los órganos más diferenciados de esta regulación en el seno de las interacciones con el exterior, de manera que terminan, con el hombre, por extender éstas a todo el universo”⁵².

Piaget sobre esta base considera que las regulaciones que rigen la vida social de los hombres son una prolongación de este tipo de regulaciones⁵³.

La importancia del manejo de la cibernética y de la teoría de sistemas del concepto de dirección será como dice Afanasiev, que

“la dirección del sistema no corre a cargo de fuerzas sobrenaturales, sino de fuerzas naturales, de órganos, factores y mecanismos inmanentes al propio sistema”⁵⁴.

Y por esta razón señala Piaget que la noción de dirección cibernética (teleonomía)

“representa una revolución epistemológica que ha dejado sin sentido a las antiguas querellas entre determinismo y finalidad, y ha establecido un eslabón entre las ciencias del hombre y de la naturaleza”⁵⁵.

Sin embargo, el descubrimiento de Bertalanffy de la existencia de regulaciones primarias, añade un elemento más al concepto de dirección que nos proporciona la cibernética. Un elemento de creatividad y de producción de neguentropía potencial, que se realiza al margen del control por compensación de la desviación, y que faculta a los sistemas a realizar ensayos y exploraciones de nuevas posibilidades de integración constructiva de información. Dichas regulaciones, basadas en la interrelación dinámica, a falta de control inmediata-

to, permiten la circulación de variedad y de esta manera el progreso. En progreso no será entendido solamente como el resultado de una transformación controlada hasta la consecución de un estado de equilibrio, sino como producto de saltos cualitativos (causalidad de instigación, no de conservación), resultantes de nuevos arreglos estructurales producidos al margen de la regulación y del control.

Piaget en su refutación de la teoría empirista del conocimiento y su sustitución por una teoría sobre la organización del material obtenido, en la percepción por una actividad asimilativa que es la única que le puede dar una significación, no logra todavía superar el clásico esquema de estímulo respuesta del empirismo y del conductismo.

Piaget no logra superar dos posiciones fundamentales de la mentalidad clásica mecanicista.

1. El esquema de estímulo respuesta (E-R) del asociacionismo y
2. La noción newtoniana de la inercia.

En relación con el primer punto Piaget considera, igual que N. Wiener, que el proceso de aprendizaje es un proceso de ajuste frente a las perturbaciones del entorno. La producción de estructuras nuevas se debe a una actividad reactiva frente a dichas perturbaciones.

La única diferencia del modelo de Piaget con el modelo clásico de estímulo respuesta, es que entre el estímulo y la respuesta media una actividad organizadora de la información entrante como asimilación a estructuras previas.

En el modelo de Piaget no hay lugar para la creación de novedad (neguentropía) por la imaginación y la creatividad humanas. La inteligencia no pasa de ser un órgano especializado de la relación hombre-entorno con miras a la adaptación.

En relación con el segundo punto, tenemos que la actividad estructurante no difiere mucho de una de las interpretaciones newtonianas sobre el concepto de inercia.

John Watkins en un artículo que titula "Metaphysics and Advancement of Science", sostiene que en el pensamiento de Newton se encuentran al menos dos ideas sobre la inercia, una pasiva y otra activa:

"Como Mc Mullin lo ha demostrado, al menos dos conceptos de inercia pueden ser detectados en los Principia, uno activo, el otro pasivo. De acuerdo al primero la inercia es 'una fuerza que continuamente actúa en la materia' innata en todos los cuerpos, que tiende a conservar a los cuerpos en un estado presente, ya sea de reposo, o de movimiento uniforme en línea recta. De acuerdo con el otro concepto, la inercia es un 'poder de resistencia' que es innato en cada cuerpo pero que opera solamente cuando el cuerpo está sujeto a fuerzas externas"⁵⁶.

El concepto de regulación como control de la desviación de Piaget, así como del estructural-funcionalismo, no se sale del concepto de inercia tal y como Sir Isaac Newton lo interpretó en ese segundo sentido.

Nadie mejor que A. Moles puede describir la posición de Piaget cuando resumía sus palabras en un simposio celebrado en París en 1959:

“El motor del movimiento de la génesis de las estructuras es la cualidad dinámica de la compensación frente a la perturbación de la estabilidad de la estructura. Dicha actividad ‘significa una resistencia del equilibrio a la perturbación’. Pero las perturbaciones son los fenómenos accidentales, los que corresponden a lo que denominamos, en la teoría de las comunicaciones, el “ruido”, es decir todo lo que es indeseable. Tales perturbaciones son las que sacan al péndulo de su posición de equilibrio, y tiene que haber una fuerza para volverlo a ella. . . En rigor, el trabajo es proporcional a la fuerza de la estructura. . . esta fuerza es precisamente la resistencia al ruido, que es la medida de la fuerza”⁵⁷.

A la intervención de Moles, responde Piaget:

“Hablé de actividad para impedir un mal entendido. Cuando se emplea el lenguaje del equilibrio, se tiene, en efecto, la impresión de que el equilibrio es la estabilidad en el sentido de reposo, el final de todo, la entropía, la muerte, etc. Por el contrario, el equilibrio mental supone un máximo de actividad pero una actividad orientada hacia la compensación. Si insisto en este punto es porque a veces se me ha objetado en ciertas discusiones, que no debía hablar en mi caso, de equilibrio, sino más bien de estabilidad en un sistema abierto. . . me agrada emplear la palabra ‘equilibrio’, a riesgo de tener que definirla, porque para mí implica compensación, y necesito más la compensación que la estabilidad, en un sistema abierto”⁵⁸.*

Para L. von Bertalanffy, la esencia del movimiento no es solamente la capacidad de transformación de la estructura como *respuesta* “activa” a las perturbaciones del entorno, sino que es también el resultado de “energía acumulada” y que conduce, por interrelación dinámica, a cambios cualitativos como resultados de dicha espontaneidad, donde la interrelación con el medio “solo la posibilita energéticamente”⁵⁹.

Dice L. von Bertalanffy.

“Aún bajo condiciones externas constantes y en ausencia de estímulos externos, el organismo no es un sistema pasivo, sino básicamente activo. Esto se aplica en particular a la función del sistema nervioso y al comportamiento. Se dirá que la actividad interna, antes que la reacción a estímulos, es fundamental. Esto puede mostrarse con respecto tanto a la evolución en los animales inferiores como al desarrollo así en los primeros movimientos de embriones y fetos. Esto está de acuerdo con lo que von Holst ha llamado ‘nueva concepción’ del sistema nervioso, basada en el hecho de que las actividades locomotoras primitivas son causadas por automatismos centrales que no requieren estímulos externos. De esta suerte, tales movimientos persisten. p. ej. aun después de cortar la conexión entre nervios motores y sensitivos. El reflejo en sentido clásico deja de ser la unidad básica de la conducta; se trata de un mecanismo regulador superpuesto a actividades primitivas, automáticas”⁶⁰.

* El subrayado es del autor.

Esta observación coincide con la observación de la dialéctica materialista de que la causa fundamental del desarrollo de las cosas no es externa sino interna; reside en su carácter contradictorio interno. . .

Al respecto dice Mao Tse-tung:

“Así pues la dialéctica materialista refuta categóricamente la teoría metafísica de la causalidad externa o del impulso externo, teoría sostenida por el materialismo mecanicista y el evolucionismo vulgar”⁶¹.

Bertalanffy considera que en ese sentido,

“la evolución se nos presenta entonces como codeterminada por ‘factores internos’ o ‘internamente orientada’ ”⁶².

Para L. von Bertalanffy la vida no es equilibración como en Piaget, sino ruptura, apertura, desequilibración. Como hemos venido diciendo la perturbación, la desequilibración no solo provienen de un agente externo, sino también de las contradicciones internas del sistema. Cuando un sistema reacciona afectivamente a un estímulo o perturbación externa, decimos que hay adaptación, cuando un sistema acciona frente a una contradicción interna, decimos que hay evolución.

En relación con el papel de la búsqueda de equilibrio que le dan algunos autores a la actividad de los sistemas superiores, dice Bertalanffy refiriéndose a Freud:

“De acuerdo con Freud, la tendencia suprema del organismo es quitarse de encima tensiones y pulsiones y reposar en un estadio de equilibrio regido por el ‘principio de estabilidad’ que tomó Freud del filósofo alemán Fechner”.

Y prosigue:

“Se diría que el modelo de estímulo respuesta E-R y psicoanalítico es una imagen muy irreal de la naturaleza humana y en sus consecuencias, bastante peligrosa. Precisamente lo que tenemos por logros específicamente humanos es difícil de subsumir bajo el esquema utilitario de homeóstasis y estímulo –respuesta–. Podrá decirse que el alpinismo, la composición de sonatas o de poemas líricos, son ‘homeostasia psicológica’ –y se ha dicho– pero a riesgo de que este concepto fisiológico bien definido pierda todo significado. Más aún, si el principio del mantenimiento homeostático es tomado como regla de oro del comportamiento, el individuo llamado bien ajustado será la meta última, un robot bien aceitado que se mantenga en óptima homeostasia biológica, psicológica y social. He aquí un ‘mundo feliz’ que para más de cuatro no constituye el estado ideal de la humanidad”⁶³.

Luego dice:

“Biológicamente, la vida no es mantenimiento o restauración del equilibrio, sino más bien mantenimiento de desequilibrios, según revela la doctrina del organismo como sistema abierto. Psicológicamente, el comportamiento no solo tiende a aflojar tensiones, sino que también las establece; si esto se detiene, el paciente es un cadá-

ver mental en descomposición, lo mismo que un organismo vivo se vuelve cuerpo en putrefacción cuando se interrumpen las tensiones y fuerzas que lo apartan del equilibrio. Hay una extensa gama de comportamiento —y es de suponerse de evolución también— que no puede ser reducida a principios utilitarios de adaptación del individuo y supervivencia de la especie. La escultura griega, la pintura renacentista, la música alemana —cualquier aspecto de la cultura— no tienen nada que ver con la utilidad o con la mejor supervivencia de individuos o naciones. Al señor Fulánez le va mejor, desde el punto de vista utilitario, que a Beethoven o a Miguel Angel. Asimismo el principio del stress, invocado tantas veces en psicología, psiquiatría y psicósomática, requiere alguna reevaluación. Al igual que todo en el mundo, lo del stress es algo ambivalente. El stress no es sólo un peligro para la vida que y haya que combatir y neutralizar mediante mecanismos adaptativos; también crea vida superior”⁶⁴.

LA TENDENCIA A LA MECANIZACION PROGRESIVA

Uno de los principios de sistemas, obtenido también por formulación matemática⁶⁵, es el principio de la mecanización progresiva.

Los sistemas vivos se caracterizan por presentar desarrollo o aumento. Son sistemas que tienden a una complejidad creciente. Esta complejidad se va constituyendo en parte, como dijimos anteriormente, por la diferenciación de un todo indiferenciado (caracterizado por la interacción mutua de las partes) en partes separadas con funciones especializadas. Por ejemplo, en la embriogénesis se pasa de un estado indiferenciado y flexible (ámbito de las regulaciones primarias), a un estado más mecanizado (ámbito de las regulaciones secundarias) donde las partes se diferencian dando lugar a órganos definidos con funciones especializadas.

Dentro de los sistemas físicos, los cristales son sistemas que curiosamente presentan crecimiento o aumento. Pero ese aumento no se produce como en los sistemas vivos por asimilación de variedad, sino que se da a partir de la unión de materias preexistentes. Tampoco en estos sistemas se da el crecimiento por diferenciación o segregación de partes o subsistemas especializados, sino que estos crecimientos se producen alrededor de un centro que es el que va a determinar la forma final de la estructura en desarrollo.

Como hemos dicho, los sistemas biológicos no se desarrollan a partir de unidades simples sobre las cuales se construyen las demás estructuras como en el cristal, sino que se desarrollan a partir de una totalidad indiferenciada y flexible que por diferenciación da lugar a la segregación de partes especializadas.

Si bien esta diferenciación es la condición del progreso (complejidad creciente de las estructuras), esta tendencia también puede constituir un impedimento al progreso. Constituye un impedimento al progreso, debido a que la mecanización progresiva implica una pérdida de la capacidad de regulabilidad de información entrante o de producción interna de novedad. Esta pérdida de regulabilidad de información nueva, pone rígido al sistema y lo vuelve incapaz de superar las perturbaciones externas, así como de asimilar y producir variedad.

Se pasa de un estado de equipotencialidad, a un estado en que el sistema se compor-

ta como un mosaico o suma de partes que se desarrollan independientemente. Al disminuir las interacciones entre los elementos con el tiempo, las partes de la totalidad se segregan en cadenas causales separadas.

De esta manera, los sistemas adquieren cualidades similares a los sistemas mecánicos y, por lo tanto, se vuelven entrópicos.

Dice Bertalanffy, que en este contraste entre totalidad y suma, entre equipotencialidad y mecanización, reside la trágica tensión que hay en toda la evolución biológica, psicológica⁶⁶.

Sin embargo, creemos que no debemos tornarnos pesimistas en cuanto al destino de los sistemas sociales y filogenéticos pues, como dijo Engels, la segunda ley de la termodinámica no se aplica a los sistemas evolutivos, debido a la presencia de la ley dialéctica de la naturaleza que consiste en la superación de las contradicciones. Más adelante veremos cómo la naturaleza en los sistemas filogenéticos supera esta contradicción dando lugar al progreso y la evolución. El fenómeno de paedomorfosis (detallado más adelante) expresa la ley dialéctica de la naturaleza. La paedomorfosis es un fenómeno morfogenético, que expresa la capacidad de las estructuras evolutivas de engendrar por sí mismas una salida al callejón sin salida a que lleva la sobreespecialización.

Los sistemas abiertos presentan una tendencia a la mecanización progresiva pero, por otro lado, ofrecen la posibilidad de seguir por el camino de la evolución.

Si el porvenir se desarrolla por el camino de la regulación secundaria, por una tecnología o ciencia de la sociedad, entendida bajo la luz de una mentalidad cibernetzante, tendremos un porvenir huxleyiano. **Mundo Feliz**^{*} es una sociedad que por sobreespecialización y por excesiva centración de mando o dirección, se vuelve rígida y por lo tanto "entrópica". Esta sociedad no admite la noción de progreso como apertura a nuevas posibilidades. Es una sociedad regulada morfostáticamente (acentuando el rasgo de mantenimiento de la estructura), y no morfogenéticamente (acentuando la desviación y la producción).

El llamado "escándalo de la teoría de la información" es cibernético, no morfogenético. **Mundo Feliz** sería el resultado de una mentalidad cibernética de regulación por disposiciones fijas, y no de una mentalidad "morfogenética".

"La razón del escándalo es que la teoría de la información suministra un patrón de medida para medir la organización. El argumento se desarrolla así: un sistema bien organizado es predecible; se sabe aproximadamente lo que hará antes de que ocurra. Cuando un sistema bien organizado hace algo, poco se aprende que no se conociera previamente: se adquiere poca información. Un sistema perfectamente organizado es totalmente predecible y su conducta no suministra información. Cuanto más desorganizado e impredecible es un sistema, más información se recoge observándolo.

* **Mundo Feliz** es una de las obras clásicas de A. Huxley. En esta obra Huxley describe una sociedad que por exceso de regulaciones y de constricciones, ha perdido la flexibilidad, la capacidad adaptativa, la creatividad y está condenada a la extinción (efecto de la planificación total).

*La información, la organización y la posibilidad de predicción confluyen en esta estructura teórica*⁶⁷.

Lo que quiere decir que a más organización, la gente intercambia menos información; más se automatiza y más se embrutece. La información va en relación con la libertad de elección; a más organización, más constricciones, por lo tanto, menos libertad. Entre más organizado es un sistema más se parece a una máquina. El sistema se cierra en un círculo (círculo vicioso o comportamiento de sistema cerrado), entorpeciendo de esta manera la evolución como apertura a nuevas posibilidades de asimilar variedad.

Sin embargo, la teoría cuantitativa de la información así como la profesía de Huxley cuentan con que la sociedad obedece a las leyes de los sistemas cerrados. La sociedad como sistema abierto puede encontrar (como veremos con el fenómeno de paedomorfosis) salida a este comportamiento mecanizado y entrópico.

La consecuencia metodológica que se deriva de la morfogénesis, es que hay fenómenos que no se explican por la regulación, sino por la "apertura", apertura que a veces se paga con el precio del caos y la desorganización.

Este método es el adecuado para explicar los fenómenos complejos de las ciencias sociales caracterizados, no por mantener una tendencia fluida y continua hacia la equilibración (sociología finalista), garantizada por la constante regulación, sino por reflejar la esencia del hombre como libertad o como posibilidad.

Se puede adelantar la siguiente conclusión: Es inválido trasladar el método de la cibernética a las ciencias sociales, en tanto éste se conciba como la explicación de los procesos, como si éstos fueran determinados por dos posiciones estructurales fijas, o por el mantenimiento de un estado de homeóstasis.

El estructural funcionalismo es otra de las versiones de la teoría de la adaptación y del equilibrio, pero aplicada al sistema social.

La teoría de la acción social, de Talcott Parsons, o estructural funcionalismo, es una teoría de la sociedad concebida a la luz del enfoque ciberneticizante. Es la aplicación de un enfoque "morfostático" a la realidad social, la cual es esencialmente "morfogenética".

Parsons analiza la acción social en tanto ésta es una adaptación exitosa al statu quo (estructura particular de un momento dado). Las acciones, producto del disintimiento apenas se mencionan, y las frustraciones todavía inexpresadas en una acción del todo no existen. Todo el énfasis radica en explicar la acción finalísticamente, en función del equilibrio de la estructura. Las funciones o procesos son expresión de una dinámica homeostática, de una dinámica sin historia. Por tanto, según Parsons, la dirección en los sistemas sociales la determina la "necesidad" del "sistema" de mantener su equilibrio. Por esta razón, el sistema engendra mecanismos de control cibernéticos, que tienen la "función" de corregir la desviación. El cambio entonces se convierte en algo meramente residual, comprensible dentro de los marcos de la equilibración.

Parsons introduce el finalismo en su sistema, explicando el comportamiento de éste como si dependiera de un estado final o meta. Otorga a los sistemas la cualidad humana

de tener "necesidades" o de "buscar" un equilibrio. Constantemente utiliza un lenguaje cargado de antropomorfismo como: la estructura tiene "problemas", "imperativos de control", etc.⁶⁸.

Parsons identifica la estructura dominante institucionalizada y legitimada con el sistema global, dejando todos los elementos que no participan del consenso estructural, fuera de explicación. Los ignora o los ajusta. El sistema de Parsons es "positivista" en el sentido empleado por Marcuse en *El hombre unidimensional*, en tanto que se identifica con el "lado positivo de la realidad", negando la existencia real y el papel que desempeña en el cambio, el lado que niega esa realidad institucionalizada, como son todas aquellas masas que no se favorecen de ella y por lo tanto no colaboran con ella. Parsons como todo analista de sistemas, sabe que no es posible entender adecuadamente cualquier proceso particular, si no es refiriéndose a un sistema superordinado o mayor; pero el problema de Parsons es que él asume que esa totalidad debe ser constituida conceptualmente antes de cualquier investigación empírica del comportamiento de las partes del sistema, pues toda su obra gira, como dice A. Gouldner, alrededor de la convicción metafísica de que el mundo es uno, y que debe ser mantenido en su unidad⁶⁹. Parsons no integra las partes por inducción empírica, sino que las deduce de una totalidad concebida a priori⁷⁰. La existencia de las partes determina finalísticamente la totalidad misma. La totalidad, en tanto sistema conceptual, se convierte asimismo en causa formal y en causa final. Walter Buckley define al modelo de Parsons como un modelo consensual y lo contrapone a otros modelos que son conflictuales, como por ejemplo, el modelo de Hobbes, el de Marx. Los nuevos enfoques de sistemas inspirados por los nuevos hallazgos en el terreno de la biología, sugieren que no debe hacerse énfasis en los mecanismos de mantenimiento de la estructura, ni recurrir a cualidades antropomorfas como la de ponerse fines, sino que las pautas de desarrollo de los sistemas sociales pueden ser isomorfas, siempre parciales a las pautas de desarrollo de los sistemas filogenéticos caracterizados, no solamente por controles de naturaleza secundaria, sino por la interrelación dinámica de componentes entre sí y con el medio, aunque dicha interrelación implique relaciones conflictuales e interpretaciones contradictorias. Al prescindir el pensamiento de estas consideraciones cae en fetichismo, falsa conciencia, unilateralidad operacionalista.

Bertalanffy se refiere al estructural funcionalismo de la siguiente manera:

"La teoría funcionalista ha recibido varias expresiones, como las representadas por Parsons, Merton y otros muchos; el reciente libro de Demerath y Peterson (1968) expone muy bien las varias corrientes. La principal crítica al funcionalismo, particularmente en la versión de Parsons, es que insiste demasiado en el mantenimiento, el equilibrio, el ajuste, la homeostasia, las estructuras institucionales estables, y así sucesivamente, con el resultado de que la historia, el proceso, el cambio sociocultural, el desenvolvimiento dirigido desde adentro, etc., quedan en mala posición y aparecen, si acaso, como 'desviaciones' con una connotación de valor negativa. De modo que la teoría aparece ser de conservadurismo y conformismo, que defiende el 'sistema' (o la megamáquina de la sociedad presente, como dice Mumford) como es, des-cuidando conceptualmente el cambio social y así estorbándolo. Es claro que la teoría general de los sistemas en la forma aquí preconizada está a salvo de esta objeción, ya que incorpora por igual mantenimiento y cambio, preservación del sistema y conflicto interno; convendrá pues, como esqueleto lógico para una teoría sociológica mejorada (Cf. Buckley 1967)"⁷¹.

El proceso morfogenético tiene mucho que sugerir en relación con esto, especialmente si se considera a la morfogénesis, como el proceso causal mutuo que acentúa la desviación (Buckley).

Dice Buckley:

“Al concentrarse en el aspecto de las relaciones causales mutuas que se refieren a la compensación de la desviación. . . los especialistas en cibernética dejaron un poco de lado aquellos sistemas en los cuales los efectos causales mutuos aumentan la desviación”⁷².

La noción de Bertalanffy de equifinalidad agilizó mucho la noción de los rasgos autorreguladores o morfostáticos de los sistemas biológicos abiertos, pero en la noción de equifinalidad el resultado final siempre es el mismo, aunque se vaya por caminos diferentes.

Más importante es un concepto opuesto, el de *multifinalidad* (donde situaciones iguales pueden llevar a resultados diferentes), pues este enfoque permite la desviación y con ella el aumento de posibilidades para la estructura. Este principio se aplica a los sistemas socioculturales y filogenéticos. El animal que desviándose de la pauta de los demás animales decide explorar territorios para los cuales no está “homeostáticamente” adaptado, puede llegar a mutar, en el sentido de desarrollar alguna cualidad que le permita también convivir en ese territorio, aumentando las posibilidades de existencia y estableciendo una relación con su medio más rica y más compleja. La información acumulada en los genes no es suficiente para especificar en detalle la estructura del individuo adulto; esto se explica porque la pauta la lleva no solo lo obtenido por determinación en el gene, sino la relación mutua entre organismo y medio, relación que amplía la desviación de lo contenido en el gene, produciéndose todo un desarrollo como resultado de esa misma relación. Otro ejemplo interesante de correlación dinámica, es el proceso observado, pero no explicado correctamente por el vitalista Driech. Si en determinado periodo de gestación se trasplanta un tejido de córnea en el abdomen de un embrión, este tejido pierde las cualidades de desarrollar una córnea y se desarrolla como tejido abdominal. Pero si ha pasado cierto tiempo y se hace el mismo trasplante, el tejido que se formará en el abdomen del animal será un tejido que dará lugar a una córnea completa. El comportamiento primero es un comportamiento morfogenético y se debe al tipo de regulación que Bertalanffy llama regulación primaria, la cual es flexible y tiene capacidad de interrelacionarse con el medio, independientemente de cualquier determinación por la estructura, o del gene, permitiendo la desviación; el segundo obedece a lo que Bertalanffy llama regulación secundaria y se realiza por disposiciones fijas.

Consideramos también que Piaget, en su valiosa contribución a explicar la génesis de la inteligencia, utiliza un enfoque cibernético que, en el caso de la explicación de la formación de las estructuras logicomatemáticas, es acertado. El énfasis que pone Piaget en la noción de equilibrio está justificado, puesto que está explicando la génesis de un sistema cerrado en equilibrio; está justificado, puesto que está explicando la génesis de un sistema cerrado en equilibrio, que son las regulaciones logicomatemáticas (regulación de la regulación o abstracción reflexionante).

Lo inválido sería considerar que ésta es la pauta o el modelo de la génesis de todo

conocimiento científico, pues deja por fuera de dicho proceso, el papel de la imaginación y del pensamiento creativo.

TERCERA PARTE

UNA OJEADA AL FENOMENO DE "PAEDOMORFOSIS"

"Ay, ¡El tiempo se acerca en que el hombre ya no podrá disparar la flecha de su deseo más allá del hombre y que el nervio de su arco ya no podrá vibrar!

Yo os digo que es necesario llevar dentro de sí mismo el caos, para poder engendrar una estrella danzarina. Yo os digo: todavía se agita el caos en vuestro interior. ¡Ay! ¡Los tiempos se acercan en que ya no podréis engendrar estrellas danzarinas! ¡Ay! se acercan los tiempos del hombre más despreciable, del hombre que ya no podrá despreciarse a sí mismo.

¡Mirad! yo os muestro aquí al último hombre.

'¿Qué es el amor? ¿Qué es la creación? ¿Qué es el deseo? ¿Qué es la estrella?' así se pregunta el último hombre y hace un guiño.

La tierra se ha empequeñecido, y sobre ella brinca el último hombre, que todo lo empequeñece. Su linaje es inmortal, como el pulgón; el último hombre es el que vive más.

'Hemos encontrado la dicha', dicen los últimos hombres, y hacen guiños''.

F. Nietzsche. *Así hablaba Zaratustra.*

Arthur Koestler, autor del libro **The act of creation**, destaca un proceso característico de la evolución biológica, que sería complementario dar al enfoque de Piaget en relación con la "fundamentación biológica" de la adquisición de los conocimientos y que, según Koestler, constituye un isomorfismo bastante similar al proceso mismo de la creatividad humana, sobre todo científica, aplicable también isomórficamente al progreso histórico social. Este isomorfismo se funda, por lo tanto, no en el enfoque cibernético, sino en el enfoque morfogenético.

Tal fenómeno fue descubierto por el biólogo Garstang y tiene el nombre de paedomorfosis (phaedomorphosis).

“El fenómeno de paedomorfosis indica que en ciertas circunstancias, la evolución puede retrotraer su curso y recomenzar otra vez, si la senda que se llevaba no contribuía a mayor y mejor organización”⁷³.

El proceso se realiza cuando una especie ha llegado a un callejón sin salida por sobreespecialización (las operaciones logicomatemáticas son una especialización de la regulación). Sobreespecialización que les impide la asimilación cada vez mayor de variedad. Por ejemplo, el oso Koala desarrolló una garra para facilitar el tomar hojas de los árboles y esto le permite únicamente colgarse de una rama y alimentarse de lo que haya a su alcance en esa posición, impidiéndole explorar nuevas formas de existencia; su mundo se reduce al árbol donde está colgado y su experiencia se reduce a la quietud de estar en un solo lugar. La observación de Garstang es que la salida a la incapacidad de evolucionar por sobreespecialización, le da el comportamiento paedomorfofísico, que se caracteriza por eliminar las fases adultas de la especie y prolongar las fases maleables de la ontogénesis, que son la embriogénesis y la niñez hasta la adolescencia; y mediante la maleabilidad característica de esas etapas (relaciones primarias en Bertalanffy), se favorecen cambios que dan lugar al progreso de la especie. Es importante señalar los descubrimientos hechos por la biología acerca de la maleabilidad de las células, en las primeras etapas de la embriogénesis (fenómeno visto antes en relación con un trasplante de córnea en el estómago de un embrión).

La figura uno tomada por Koestler de los ensayos originales de Garstang, aclara el proceso de paedomorfosis.

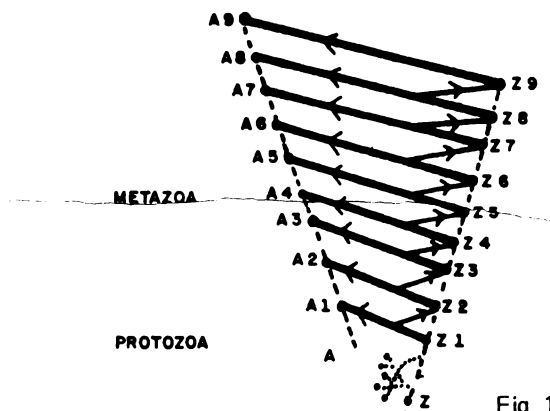


Fig. 1

Los puntos Z1 y Z9 representan el progreso evolutivo de los cigotos (óvulos fertilizados); los puntos A a A9 representan las formas adultas que resultan de cada cigoto. La línea negra de Z4 a A4, por ejemplo, representa la ontogenia, o sea la transformación de un óvulo en un individuo adulto; la línea de puntos de la A a A9 representa la filogenia (la evolución hacia formas más complejas). Pero nótese que las líneas gruesas del progreso evolucionario no llevan directamente, digamos de A4 a A5, eso sería gerontomorfosis, la transformación evolucionaria de una forma adulta. La línea de progreso se ramifica desde los estados embriónicos no terminados de la etapa A4. Esto indica una clase de retroceso evolucionario de un producto terminado, y una nueva salida hacia la novedad evolutiva Z5-A5⁷⁴.

Koestler, basado en este hecho sugestivo de la biología y refiriéndose al acto de creación, dice:

“La emergencia de novedades biológicas y la creatividad son procesos que muestran ciertas similitudes . . . Ni la evolución biológica, ni los progresos en el conocimiento siguen una línea continua de A6 a A7. Ni ninguno de ellos es estrictamente acumulativo en el sentido de comenzar a construir sobre lo que dejó la generación anterior. Ambos proceden en zigzag. Las revoluciones en la historia de la ciencia son exitosos escapes de callejones sin salida. La evolución del conocimiento es continua solo durante esos periodos de consolidación y elaboración que siguen a un salto mayor. Tarde o temprano, sin embargo, la consolidación da lugar a rigidez creciente⁷⁵, a la ortodoxia y por lo tanto al callejón sin salida de la sobreespecialización –al oso koala–. Eventualmente viene una crisis y un nuevo ‘rompimiento’ tiene lugar –seguido por otro periodo de consolidación– una nueva ortodoxia, y el ciclo vuelve a comenzar. Pero la nueva estructura teórica que emerge de este rompimiento no será construida sobre el edificio previo, sino que se diverge del punto donde el progreso se ha detenido. Los grandes giros revolucionarios en la evolución de las ideas, tienen decididamente un carácter paedomórfico. Solo en los periodos de consolidación encontramos gerontomorfosis, o pequeños desarrollos añadidos a una teoría establecida”⁷⁶.

Este proceso biológico manifiesta la existencia de la ley dialéctica de la naturaleza.

Absolutizar el método científico en el sentido de dar cuenta solo de la continuidad, no tuvo consecuencias equivocadas en la física clásica, pues la naturaleza de los fenómenos a analizar permitía hacer abstracción de la aleatoriedad.

Pero conforme se avanza en la jerarquía de niveles de complejidad, la importancia de integrar los dos enfoques se hace cada vez más imperiosa. Explicar la **neguentropía** de los sistemas abiertos por el control como lo hace la cibernética, es descuidar la cualidad estimulante e informativa de la situación caótica propia de los retrocesos de que hablan Garstang y Koestler.

El concepto cibernético de control aplicado a la sociedad, es antagónico al concepto de praxis que está más acorde con los enfoques de la nueva biología.

La cibernética de Wiener considera que, dado que la naturaleza ha demostrado presentar una tendencia a la desorganización, es la labor del científico combatir esa desorganización como quien combate a un mal; y establece la metáfora de que la entropía es el mal que existe en la naturaleza; definiendo ese mal no como el demonio maniqueo que es poderoso (y que si es descubierto cambia para que no sea reconocido y combatido), sino que se trata más bien de un demonio agustiniano que es tonto, que se deja ver y que como tal, se puede eliminar (por la ciencia del control).

Esta metáfora que usa Wiener, es altamente significativa, pues revela un trasfondo ideológico de que todo cambio es un mal, pues los grandes cambios implican desorganización inicial.

El hombre tiene la capacidad de crear o inventar nuevas formas de vida que favorez-

can el progreso y la evolución. Todo progreso implica una praxis, y este proceso, es un proceso dialéctico que a veces implica, la negación de lo logrado hasta entonces, si se pretende dar un salto a nivel de complejidad y de organización mayor y mejor. Dice con razón T.S. Kuhn, que para que la ciencia progrese, es preciso el caos, el callejón sin salida, la entropía del sistema anquilosado, para que la creatividad propia del ser humano conciba otras formas de entender la realidad más acordes con las necesidades adaptativas del conocimiento.

Dice Kuhn:

“un descubrimiento comienza con el percatarse de una anomalía, esto es, con el reconocimiento de que la naturaleza ha violado de alguna manera, las expectativas inducidas por el paradigma que gobierna la ciencia normal. Continúa después con una exploración más o menos extendida del área de la anomalía. Y se cierra solamente cuando la teoría del paradigma se ha ajustado de manera tal que puede explicarse la anomalía. El asimilar un nuevo tipo de hecho requiere mucho más que un ajuste aditivo de la teoría, y hasta que no se haya completado ese ajuste —hasta que la ciencia no haya aprendido a ver la naturaleza de una manera distinta— un hecho nuevo no será propiamente un hecho científico en absoluto. . .”⁷⁷.

La manera sistémica de pensar es esencialmente antidogmática y como hemos visto, se coloca más allá de todo reducimiento por un lado, y por otro, considera a su propio método como un enfoque dentro de muchos posibles de vérselas con la verdad o la realidad. Adam Shaff, con razón, se coloca a favor de este perspectivismo y lo distingue del relativismo escéptico. Para Shaff, la verdad se encuentra en todo aquel enfoque, método o práctica que favorezca el cambio. Y errónea toda práctica y toda teoría que entorpezca ese cambio⁷⁸. Bajo esta luz podremos juzgar la validez de la aplicación del enfoque ciber-netizante de sistemas contra el enfoque biomórfico de sistemas, y la importancia heurística que éste tiene en relación con su aplicación a la comprensión de la realidad social.

Piaget habla de regulación de la regulación, de que las operaciones son el órgano de la regulación entre organismo y medio. También habla de que la función de las regulaciones operatorias es no solo la corrección del error, como las regulaciones preoperatorias, sino que tienen la función de precorregir el error. Todo esto es cierto, pero el error está en que Piaget repetidas veces llama a las regulaciones logicomatemáticas, “las funciones superiores de la inteligencia”⁷⁹.

¿Son estas funciones realmente las superiores? ¿Es este juicio válido, o existen otras funciones de la inteligencia superiores?

Edward de Bono no estaría de acuerdo con Piaget. De Bono se ha dedicado a investigar otras funciones de la inteligencia que tienen como función, no precorregir el error o contrarrestar la desviación como en la homeorresis (término acuñado por Waddington y utilizado por Piaget para explicar las regulaciones), sino aumentar la desviación por la “apertura”.

Para de Bono existen funciones de la inteligencia que las podemos entender dentro del marco morfogenético, funciones que lo que buscan es ampliar la desviación, explorando caminos vedados por la regulación operatoria.

Dice de Bono que el pensamiento lógico crea impedimentos a la actividad espontánea creativa, exploradora del conocimiento y a veces le pone un NO prematuramente a nuevas posibilidades, impidiendo la creación.

Las operaciones no son útiles más allá de lo regulativo. La manera lógica de pensar es útil para corroborar y consolidar teorías, pero no para crearlas. De Bono llama al pensamiento explorador de nuevas posibilidades, pensamiento lateral (lateral thinking), porque para progresar debe realizarse una labor al lado y no dentro de la regulación.

Muchas veces la introducción de información más allá de la capacidad asimilativa y regulativa de la ciencia normal, puede conducir a un caos; pero de este caos, puede surgir un fenómeno que no aparece con la aplicación del pensamiento lógico secuencial, y es el rearrreglo de información en una forma brusca, intuitiva (insight) o cambio de Gestalt⁸⁰. Esta nueva visión cualitativamente distinta de la visión cibernética, es lo que T.S. Kuhn llamaría una revolución científica. Es ver todo el problema bajo un ángulo cualitativamente diferente.

En el pensamiento lateral, dice E. de Bono, uno puede estar equivocado en el estadio inmediatamente anterior a la consecución de la solución, y esta equivocación a veces ayuda a la solución correcta; esto sería imposible en el pensamiento logicomatemático.

El pensamiento lateral también puede estar interesado deliberadamente en buscar información irrelevante, aleatoria; en el pensamiento logicomatemático solo se selecciona lo que es relevante.

Al mal, de que habla Wiener, hay que darle una redefinición y concebirlo, no como un diablo tonto ni como un diablo malvado, que busca solo la confusión por la confusión, sino, más bien, como el Mefistófeles de Goethe, que es "la parte de esa fuerza que siempre busca el mal y siempre hace el bien".

Y el caos no es un mal que hay que evitar, sino que es simplemente la expresión concreta de la incapacidad de una estructura caduca de asimilar la variedad; por lo tanto, un síntoma de que es necesario un cambio de enfoque o un rearrreglo de organización.

Al aplicar la TGS a las ciencias sociales, debe tenerse en cuenta que el enfoque cibernético da cuenta sólo de un aspecto de la realidad social. Si se trata de captar esta realidad en una forma concreta, sin que sea nada más que una abstracción, es preciso complementar ese enfoque, tan usado por los científicos sociales, con el enfoque morfogénico sugerido aquí.

La labor de la ciencia de los sistemas, no solo consiste en buscar leyes dentro de lo comprendido en la actividad regulativa de las organizaciones, sino dar cuenta de pautas, que no solo comprenden el mantenimiento de la estructura, sino de la desviación como "apertura" o "posibilidad"; aunque esta apertura, al introducir lo "aleatorio" o lo "irrelevante" en el sistema, produzca un caos y desorganización iniciales, superables por una reestructuración total o "revolución". Con este enfoque morfogénico se puede dar cuenta no solo de la dinámica de una estructura social, sino de su tendencia hacia el cambio. Para descubrir estas tendencias, es preciso dar un rodeo que sintetice metodológicamente los dos aspectos: el de la continuidad (método cibernético) y el de la discontinuidad (enfoque morfogénico).

Siguiendo la lógica de la fundamentación biológica del conocimiento en Piaget, podemos decir que morfostasis y morfogénesis son dos procesos, que corresponden isomórficamente a los dos momentos metodológicos que habla Hegel en la Gran Lógica⁸¹: el momento del entendimiento y el momento de la razón.

Podemos resumir la situación teórica de la epistemología genética de Jean Piaget así:

1. El modelo adaptativo utilizado por Piaget para explicar la evolución y el progreso de los sistemas biológicos, cognoscitivos y sociales, no se sale de los esquemas estímulo-respuesta de la ciencia conductista. Para Piaget el hombre-organismo asimila información, pero no crea información.
2. La explicación genética, pese a que incluye la historia de los procesos, no se sale del marco del funcionalismo; es un sistema basado en el consenso (organización y regulación de la actividad cognoscitiva como un todo coherente y sin contradicciones), dentro del cual, nada que sea científico puede realizarse al margen de dicha regulación (propia de la actividad científica normal), ya que la dirección del proceso está determinada por la regulación logicomatemática y los esquemas de asimilación. La génesis de la inteligencia en Piaget (¿y por influencia del darwinismo en Marx?), no es otra cosa que la génesis de lo que la escuela de Frankfurt llama la razón instrumental; tipo de racionalidad que domina en nuestra civilización tecnocrática, y que deja por fuera del ámbito de lo científico a otros tipos de racionalidad o "reflexión reflexionante", que no reducen lo racional a lo logicomatemático.
3. El estructuralismo genético se acerca al enfoque dialéctico en tanto que: a) basa el desarrollo de la inteligencia y de las sociedades en la acción (el trabajo como transformación de la naturaleza) y b) concilia las nociones de estructura e historia que no pudieron hacer los funcionalistas y los estructuralistas estáticos. Sin embargo, deja por fuera el papel de la contradicción dialéctica, así como del salto cualitativo en los procesos evolutivos abiertos, entre los cuales se encuentra el sistema cognoscitivo.

Tales son las limitaciones epistemológicas de la Epistemología genética de Jean Piaget.

APENDICE

Criterios esenciales de los sistemas de control homeostático por retroalimentación según Bertalanffy.

1. La regulación se basa en disposiciones preestablecidas (estructuras en sentido amplio). Esto queda bien expresado por la palabra alemana "Regelmechanismen", que indica explícitamente que los sistemas considerados tienen naturaleza de "mecanismos", en contraste con las regulaciones de naturaleza "dinámica", resultantes del libre juego de fuerzas y de la interacción mutua entre componentes, tendiente hacia el equilibrio o estados uniformes.
2. Las líneas causales dentro del sistema de retroalimentación son lineales y unidireccionales. El esquema básico de retroalimentación sigue siendo el clásico esquema de estí-

mulo-respuesta (E-R), sólo que el bucle de retroalimentación hace que la causalidad se convierta en circular.

3. Los fenómenos típicos de retroalimentación u homeostáticos son "abiertos" con respecto a la información entrante, pero "cerrados" por lo que atañe a la materia y la energía. Los conceptos de la teoría de la información —particularmente la equivalencia entre información y entropía negativa— corresponden por lo tanto a la termodinámica "cerrada" (termostática), y no a la termodinámica irreversible de los sistemas abiertos. Sin embargo, esta última es presupuesta si el sistema (como organismo vivo) ha de ser "auto-organizador" (Foester y Zopf, 1962) y de marchar hacia mayor diferenciación. Tal como se mencionó antes, aún no se ha logrado la síntesis. El esquema cibernético permite, por medio de diagramas de bloques, aclarar muchos fenómenos importantes de autorregulación en fisiología y se presta a análisis, según la teoría de la información. El esquema de sistema abierto permite el análisis cinético y termodinámico.

El modelo de sistema abierto es básicamente no mecanicista y no solo va más allá de la termodinámica ordinaria, sino de la causalidad unidireccional, tan importante en la teoría física habitual. El enfoque cibernético conserva el modelo del organismo como máquina cartesiana, la causalidad unidireccional y los sistemas cerrados; su novedad reside en la introducción de conceptos que trascienden la física común, especialmente los de la teoría de la información. A fin de cuentas, esta pareja es una expresión moderna de la vieja antítesis entre "proceso" y "estructura". Tendrá que acabar resolviéndose dialécticamente en alguna nueva síntesis.

Fisiológicamente hablando, el modelo de retroalimentación da razón de lo que pudiera llamarse "regulaciones secundarias" en el metabolismo y otros campos, las regulaciones merced a mecanismos preestablecidos y caminos fijos, como en el control neurohormonal. Su carácter mecanicista lo hace particularmente aplicable a la fisiología de órganos y sistemas de órganos. Por otra parte, la interacción dinámica entre reacciones en sistemas abiertos se aplica a las "regulaciones primarias", como en el metabolismo celular (Cf. Hess y Chance, 1959), donde se da la regulación de sistema abierto, más general y primitiva⁸².

Heredia, 1980.

NOTAS

- 1 KUHN, T. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. Méjico, Fondo de Cultura Económica. 1971. Citado por BERTALANFFY, L. von. *Teoría general de los sistemas*. Fondo de Cultura Económica. 1976. Pág. XI.
- 2 WIENER, N. *The Human Use of Human Beings*. Richard Clay Ltd. Great Britain. 1968.
- 3 *Ibíd.* Pág. 12.
- 4 URSUL, A. D. *Naturaleza de la información*. Ed. Pueblos Unidos. Montevideo. 1972. Pág. 180.
- 5 BERTALANFFY, L. von. *Teoría general de los sistemas*. Fondo de Cultura Económica. Méjico. 1976. Pág. 31.
- 6 ENGELS, F. *Dialéctica de la naturaleza*. Ed. Cartago, Argentina. 1975.
- 7 WIENER, N. *Op. cit.*
- 8 WARTOFSKY, M. W. *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Ed. Alianza Editorial. Madrid. 1973. Tomo II. Pág. 468.
- 9 BERTALANFFY, L. von. *Op. cit.* Pág. 169.
- 10 SCHRÖDINGER, E. *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell*. Dublin. 1945.
- 11 BERTALANFFY, L. von. *Op. cit.* Pág. 73.
- 12 ———. *Op. cit.* Pág. 101.
- 13 WARTOFSKY, M. W. *Op. cit.* Pág. 459.
- 14 PIAGET, J. *Structuralism*. Harper Torchbooks. N. Y. 1976. Pág. 14.
- 15 BERTALANFFY, L. von. *Robots, hombres y mentes*. Ed. Guadarrama. Madrid. 1974. Págs. 115 a 121.
- 16 *Ibíd.* Pág. 120.
- 17 WADDINGTON, C. H. *Towards a Theoretical Biology. I. Prolegomena*. Ed. by C. H. Waddington. 1968. Pág. 28.
- 18 *Ibíd.* Pág. 218.
- 19 SHAFF, A. *Historia y Verdad*. Grijalbo. Méjico. 1974. Pág. 91.
- 20 BERTALANFFY, L. von. *Robots, hombres y mentes*. Ed. Guadarrama. Madrid. 1974. Pág. 115.
- 21 *Ibíd.*
- 22 SERRANO, M. M. *Métodos actuales de investigación social*. Ed. Akal. Madrid. 1976. Caps. V y VI.
- 23 BERTALANFFY, L. von. *Teoría general de los sistemas*. Pág. 170.
- 24 WIENER, N. *Op. cit.* Pág. 20.
- 25 PIAGET, J. *Biología y conocimiento*. Ed. Siglo XXI. Méjico. 1975. Pág. 189.
- 26 BERTALANFFY, L. von. *Op. cit.* Pág. 155.
- 27 PIAGET, J. *Biología y conocimiento*. Ed. Siglo XXI. Méjico. 1975.
- 28 SERRANO, M. M. *Op. cit.* Pág. 197.
- 29 WIENER, N. *Op. cit.* Pág. 19.
- 30 BUCKLEY, W. *La sociología y la teoría moderna de los sistemas*. Amorrortu. Buenos Aires. 1970. Pág. 137.

- 31 PIAGET, J. *Op. cit.* Pág. 7.
- 32 *Ibíd.* Pág. 145.
- 33 MOULUD, N. *El método de las ciencias de estructuras y los problemas del conocimiento racional.* Estructuralismo y Marxismo. Ediciones Martínez Roca, Madrid, 1973.
- 34 KOSIC, K. *Dialéctica de lo concreto.* Grijalbo, Méjico. 1976. Pág. 59.
- 35 FEYERABEND, P. K. *Contra el método.* Ariel, Barcelona. 1974. Pág. 34.
- 36 *Ibíd.*
- 37 **Asimilación;** término acuñado por Piaget. "La función primordialmente acreditada para la transformación de estructuras es la asimilación, nuestro substituto estructuralista de la asociación atomística. La asimilación da lugar finalmente a esos esquemas generales que llamamos estructuras. La asimilación es el aspecto funcional de la formación de estructuras, e interviene en cada caso particular de actividad constructiva, pero tarde o temprano conduciendo a la mutua asimilación de una estructura a otra, y así estableciendo cada vez interconexiones interestructurales más íntimas". PIAGET, J. *Structuralism.* Harper Torch Books. N. Y. 1970. Pág. 71. **Acomodación:** es la otra pareja dialéctica de la asimilación y es la capacidad que tiene la estructura de modificarse por la asimilación de un nuevo elemento en la estructura, sin desorganizarse.
- 38 BERTALANFFY, L. von. *Teoría general de los sistemas.* Pág. 98.
- 39 *Ibíd.* Pág. 21 y siguientes.
- 40 BUNGE, M. *The GST Challenge to the Classical Philosophies of Science.* Gordon and Breach Science Publishers Inc. General Systems. 1977. Vol. 4. Págs. 29-37.
- 41 KOSIC, K. *Dialéctica de lo concreto.* Ed. Grijalbo. Méjico. 1976.
- 42 ELSASSER, W. *Atomo y organismo, nuevo enfoque de la biología teórica.* Ed. Siglo XXI. 1969. Pág. 40.
- 43 SERRANO, M. M. *Op. cit.* Pág. 206.
- 44 BERTALANFFY, L. von. *Op. cit.* Pág. 68.
- 45 SERRANO, M. M. *Op. cit.* Pág. 224.
- 46 El paréntesis es del autor.
- 47 BERTALANFFY, L. von. *Op. cit.* Pág. 169.
- 48 _____ . *Op. cit.* Pág. 105.
- 49 _____ . *Op. cit.* Pág. 43.
- 50 WIENER, N. *Op. cit.* Pág. 25.
- 51 AFANASIEV. "Sistemas dinámicos integrales. Concepto de dirección", en *Dirección científica de la sociedad.* Moscú. Ed. Progreso. Reeditado por Giraldo Campero. H. Vidal. EDUCA, San José. Costa Rica. 1977. Pág. 91.
- 52 PIAGET, J. *Op. cit.* Pág. 26.
- 53 _____ . *Estudios sociológicos.* Ed. Ariel. Barcelona 1977.
- 54 AFANASIEV. *Op. cit.* Pág. 90.
- 55 SERRANO, M. M. *Op. cit.* Pág. 219.
- 56 WATKINS, J. W. *Metaphysics and the Advancement of Science.* Brit. J. Phil. Sci 26 (1975). Great Britain.
- 57 **Las nociones de estructura y génesis.** Tomo IV. Psicofísica, Lingüística y Psicología. Ed. Nueva Visión. B. A. 1975. Pág. 85.

- 58 *Ibíd.* Pág. 87.
- 59 BERTALANFFY, L. von. *Op. cit.* Pág. 111.
- 60 ——— . *Op. cit.* Pág. 110.
- 61 TSE-TUNG, Mao. "Sobre la contradicción". *Obras escogidas*. Tomo I. Editorial del Pueblo. Pekín. Pág. 135.
- 62 BERTALANFFY, L. von. *Robots, hombres y mentes*. Pág. 120.
- 63 T.G.S. Pág. 112.
- 64 BERTALANFFY, L. von. *Teoría general de los sistemas*. Pág. 200.
- 65 *Ibíd.* Pág. 70.
- 66 BERTALANFFY, L. von. *Op. cit.* Pág. 72.
- 67 BUCKLEY, Walter. *Op. cit.* Pág. 134.
- 68 ——— . *Op. cit.* Pág. 57.
- 69 GOULDNER, A. S. *The Coming Crisis of Western Sociology*. Heinemann. London. 1971. Capítulo VI.
- 70 ——— . *Reciprocity and Autonomy in Functional Theory* in Richard A. Peter y J. Demerath III System, Change and Conflict, Collier-Mac Millan. Toronto. 1967. Pág. 145.
- 71 BERTALANFFY, L. von. *Op. cit.* Pág. 205.
- 72 BUCKLEY, W. *Op. cit.* Pág. 96.
- 73 KOESTLER, A. *The Ghost in the Machine*. Henry Regnery. Co. Chicago. 1967. Pág. 163.
- 74 ——— . *Op. cit.* Pág. 168.
- 75 Principio de mecanización progresiva. BERTALANFFY, L. von. *Teoría general de los sistemas*. Pág. 71.
- 76 KOESTLER, A. *Op. cit.* Pág. 167.
- 77 KUHN, T. S. "La estructura de las revoluciones científicas", en *Teoría del método en las ciencias sociales*. EDUCA. 1971.
- 78 SHAFF, A. *Historia y verdad*. Ed. Grijalbo. Méjico. Págs. 214-215.
- 79 PIAGET, J. *Biología y conocimiento*. Pág. 191.
- 80 BONO, Edward de. *The Mechanism of the Mind*. Simon and Schuster. New York. 1969. Pág. 220.
- 81 HEGEL, B. F. *Ciencia de la lógica (gran lógica)*. Ed. Hachette. Buenos Aires. 1956.
- 82 BERTALANFFY, L. von. *Op. cit.* Págs. 169 y 170.

BIBLIOGRAFIA

- BERNAL, J. D. **Historia social de la ciencia.** Península, Barcelona, 1976.
- BERTALANFFY, L. von. **General Systems Theory.** The Penguin Press, London, 1968.
Ed. en español Fondo de Cultura Económica, Méjico, 1976.
- _____. **Robots, Men and Minds.** N. Y. George Braziller, 1967.
- _____. Theoretical Models in Biology and Psychology, en **Theoretical Models and Personality Theory.** Krech D. and Klein, G. S. Editors, Dungan, Duke University Press, 1952.
- BONO, Edward de. **Lateral Thinking: Creativity Step by Step.** Harper Colophon Books, N. Y. Evanston. San Francisco. London, 1970.
- _____. **The Mechanism of Mind.** Simon and Schuster, New York, 1969.
- BOULDING, Kenneth. **El significado del siglo XX.** Uteha, Méjico, 1966.
- BUCKLEY, W. **La sociología y la teoría moderna de los sistemas.** Amorrortu, B. A, 1973.
- BUNGE, Mario. **The GST Challenge to the Classical Philosophies of Science.** Gordon and Breach Science Publishers Int. and General Systems, 1977, Vol. 4, Págs. 29-37.
- CAMPERO, Giraldo y VIDAL, Héctor, compiladores. **Teoría general de sistemas y administración pública.** EDUCA, San José, Costa Rica, 1977.
- ELSASSER, W. **Atomo y organismo, nuevo enfoque de la biología teórica.** Ed. Siglo XXI, 1969. Pág. 40.
- ENGELS, F. **Dialéctica de la naturaleza.** Ed. Cartago, Argentina, 1975.
- FEYERABEND, P. K. **Contra el método.** Ariel, Barcelona, 1974.
- GOULDNER, A. W. **Reciprocity and Authonomy in Functional Theory.** Collier Macmillan, N. Y. 1967.
- _____. **The Coming Crisis of Western Sociology.** Heinemann, London, 1971.
- HAVEMANN, Robert. **Dialéctica sin dogma.** Ariel, Barcelona, 1971.
- HEISSEMBERG, W. **Physics and Philosophy.** Harper Torchbooks, 1962.
- KOESTLER, A. **The Ghost in the Machine.** Macmillan, N. Y. 1967.
- KOSIC, Karel. **Dialéctica de lo concreto.** Grijalbo, Méjico, 1976.
- KREMAYANSKYI, V. I. **Certain Peculiarities of Organisms as a System from the Point of View of Physics, Cybernetics and Biology.** General Systems, Vol. 5, 1960, Society for General Systems Research, Págs. 221-30. This paper first appeared in Russian in **Voprosy Filosofii.** August, 1958. Págs. 97-107.

- KUHN, T. S. La estructura de las revoluciones científicas, en **Teoría del método en las ciencias sociales**. EDUCA, San José, Costa Rica, 1971.
- LASZLO, E. **Introduction to Systems Philosophy: Towards a New Paradigm of Contemporary Thought**. N. Y. Gordon Breach, 1972.
- . **The Systems View of the World: the Natural Philosophy of the New Developments in Science**. N. Y. Braziller, 1972.
- MOULUD, N. **El método de las ciencias de estructuras y los problemas del conocimiento racional**. Estructuralismo y Marxismo. Ediciones Martínez Roca, Madrid, 1973.
- PARAIN-VIAL, Jeanne. **Análisis estructurales e ideologías estructuralistas**. Amorrortu, Buenos Aires, 1969.
- PIAGET, J. **Structuralism**. Harper Torch Books, N. Y. 1971.
- . **Biología y conocimiento**. Siglo XXI, 1975.
- PIAGET, J. y otros. **Las corrientes actuales de la investigación en las ciencias sociales**. Alianza Editorial, 1975.
- PIAGET, J. **Psychology of Intelligence**. Littlefield, Adams & Co. N. Y. 1972.
- . **Introducción a la epistemología genética**. Vol. 3. Paidós, B. A. 1975.
- . **Estudios sociológicos**. Ed. Ariel, Barcelona, 1977.
- PIAGET, GOLDMANN y otros. **Las nociones de estructura y génesis**. Tomo IV. Psicofísica, Lingüística y Psicología. Ed. Nueva Visión, B. A. 1975.
- SERRANO, M. M. **Métodos y técnicas de investigación en las ciencias sociales**. Ed. Akal, Barcelona, 1975.
- SCHAFF, A. **Historia y verdad**. Grijalbo, Méjico, 1974.
- SCHRODINGER, E. **What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell**. Dublin, 1945.
- TSE-TUNG, Mao. **Sobre la contradicción**. Editorial del pueblo, Pekín.
- URSUL, A. D. **Naturaleza de la información**. Ed. Pueblos Unidos, Montevideo, 1972. Pág. 180.
- VIET, Jean. **Los métodos estructuralistas en las ciencias sociales**. Amorrortu, B. A. 1970.
- WADDINGTON, C. H. **Towards a Theoretical Biology. I. Prolegomena**. Ed. by C. H. Waddington, 1968. Pág. 28.
- WARTOFSKY, M. W. **Introducción a la filosofía de la ciencia**. Ed. Alianza Editorial, Madrid, 1973. Tomo II. Pág. 468.
- WIENER, Norbert. **Cybernetics**. MIT Press. USA. 1965.
- . **The Human use of Human Beings**. Sphere Books, London, 1968.