



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

PSICOLOGIA EXPERIMENTAL

METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN MEDIANTE  
ORDENADOR: HACIA UN MODELO  
SISTÉMICO DE LA DEPRESIÓN.

AUTOR: Carlos Gonzalo Camacho Martínez Vara de Rey

DIRECTOR: José Giner Ubago

17 de Junio de 1987

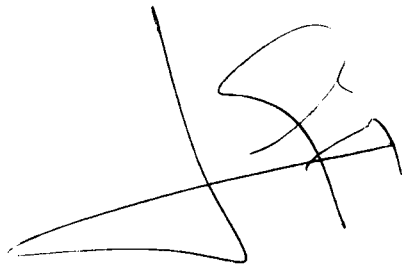
T.D.  
C/62

*METODOLOGIA DE SIMULACION MEDIANTE ORDENADOR:  
hacia un modelo sistémico de la depresión*

T.D.  
C/62

DON JOSE GINER UBAGO, CATEDRATICO DE PSIQUIATRIA DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA, CERTIFICA: que D. Carlos Camacho Martinez Vara de Rey ha realizado bajo su dirección la tesis titulada "Metodología de la simulación del comportamiento mediante ordenador: hacia un modelo sistémico de la depresión". con la que se presenta para optar al Título de Doctor, y que, a mi juicio, reúne las condiciones exigibles para una tesis doctoral.

Para que conste, expido el presente certificado en Sevilla, a 17 de junio de 1987.




Fdo. Prof. Dr. D. José Giner Ubago

UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
SECRETARIA GENERAL

Queda registrada esta Tesis Doctoral al folio 134 número 29 del libro correspondiente. Sevilla, 25 JUN. 1987



El Jefe del Negociado de Tesis,  
R. Yolanda Díaz Polanco

UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
Depositado en  
de la  
de esta Universidad desde el día  
hasta el día  
Sevilla de de 19  
EL DIRECTOR DE

*DEDICATORIA*

*A Fernando Camacho Padilla*

**AGRADECIMIENTOS**

Debo hacer constar que mi primer contacto con el enfoque de sistemas fue a través de Jaime Fernández Castellá quien supo contagiarnos su entusiasmo por esta disciplina a cuantos tuvimos la suerte de conocerle. Sea para él mi primer reconocimiento.

Igualmente, desearía testimoniar mi agradecimiento:

Al Prof. D. José Giner Ubago, quien ha tenido la amabilidad de dirigir este trabajo, por su asesoramiento y oportunas sugerencias.

Al Prof. D. Javier Perez Santamaría, por su inestimable ayuda en los últimos momentos.

A todos los compañeros del Departamento por su constante estímulo y aliento, y en particular, al Prof. D. Rafael Moreno por su buen hacer durante este tiempo.

Especialmente, al Prof. D. Javier Aracil, quien ha sabido, en todo momento, estar al frente de este trabajo, por su amistad y por su valiosísima ayuda en los aspectos formales del modelo.

Y muy especialmente, a Maria Luisa Pastor, sin cuyo ánimo, afecto y dedicación, este trabajo, con toda seguridad, no hubiera sido posible.

Y, en general, a todas aquellas personas que de algún modo han hecho posible esta investigación.

*INDICE GENERAL*



3.8.- Modelos de depresión .....	224
3.8.1.- Consideraciones generales .....	224
3.8.2.- Modelos bioquímicos .....	229
3.8.3.- Modelo psicoanalítico .....	230
3.8.4.- Modelo conductual .....	236
3.8.5.- Modelo cognitivo .....	241
3.8.6.- Modelo de indefensión aprendida .....	248
4.- HACIA UN MODELO SISTEMICO DE LA DEPRESION .....	256
4.1.- Introducción .....	256
4.2.- Consideraciones generales .....	258
4.3.- Descripción verbal del modelo .....	263
4.4.- Descripción formal del modelo .....	269
4.4.1.- Diagrama causal .....	272
4.4.2.- Diagrama de Forrester y ecuaciones .....	275
4.4.2.1.- Subsistema de logro .....	276
4.4.2.1.1.- Diagrama de Forrester .....	280
4.4.2.1.2.- Ecuaciones DYNAMO .....	282
4.4.2.1.3.- Análisis cualitativo .....	286
4.4.2.1.4.- Simulación .....	300
4.4.2.2.- Subsistema de cogniciones .....	309
4.4.2.2.1.- Diagrama de Forrester .....	310
4.4.2.2.2.- Ecuaciones DYNAMO .....	312
4.4.2.2.3.- Análisis cualitativo .....	314
4.4.2.3.- Subsistema de emociones .....	316
4.4.2.3.1.- Diagrama de Forrester .....	317
4.4.2.3.2.- Ecuaciones DYNAMO .....	319
4.4.2.3.3.- Análisis cualitativo .....	320
4.4.2.4.- Subsistema de energía .....	322
4.4.2.4.1.- Diagrama de Forrester .....	324
4.4.2.4.2.- Ecuaciones DYNAMO .....	326
4.4.2.4.3.- Análisis cualitativo .....	328
4.4.2.5.- Modelo completo .....	332
4.4.2.5.1.- Diagrama de Forrester.....	332

4.4.2.5.2.- Ecuaciones DYNAMO .....	334
4.4.2.5.2.1.- Ecuaciones en modo de progra- ci3n.....	334
4.4.2.5.2.1.- Ecuaciones en forma desglosada.	337
4.4.2.5.2.3.- Simulaci3n.....	347
CONCLUSIONES .....	354

*INTRODUCCION*

## INTRODUCCION

El título de este trabajo, "Metodología de simulación del comportamiento por ordenador: hacia un modelo sistémico de la depresión", sugiere una doble intención. Por un lado, se pretende una justificación de la utilización de modelos -en especial, de modelos simulables por ordenador- en psicología, y por otro, se intenta aplicar un determinado enfoque de la ciencia -el enfoque sistémico- al problema de la depresión. El resultado final es la realización de un modelo, según la metodología de la dinámica de sistemas, sobre la depresión.

Las ideas en torno al valor de los modelos y la utilidad de la simulación se desarrollan en el capítulo primero. Se plantea la función de modelar como complemento de la observación y de la experimentación, en un intento de organización de la información recogida, y como un primer esbozo de la génesis teórica. Se destaca la importancia del ordenador, como un instrumento -a semejanza del microscopio o el telescopio-, que ofrece una nueva perspectiva en la investigación. Se exponen algunas de sus ventajas, y se especifica, igualmente, algunas de sus limitaciones. Por último, se hacen algunas consideraciones en torno a la denominada *metáfora del ordenador*, y al papel de la robótica en la psicología.

El segundo capítulo es amplio y versa sobre lo que genéricamente puede denominarse como el *enfoque sistémico* en las ciencias. Abarca dos grandes apartados. El primero tiene carácter introductorio, y constituye una revisión histórica de las disciplinas que más relevantemente han contribuido a forjar dicho enfoque, a saber: informática, cibernética, teoría general de sistema, teoría de catástrofes, y teoría de las estructuras disipativas de Prigogine.

La segunda parte de este capítulo tiene un carácter más formal, y se dedica al desarrollo de algunos conceptos, que fueron esbozados en el primer apartado, y que tienen una cierta relevancia en la lógica del modelo propuesto. Se desarrollan los conceptos de sistema, realimentación, información, y estabilidad y control.

El capítulo tercero consta igualmente, de dos apartados. En el primero se hacen algunas consideraciones generales sobre la psicología en base a las ideas desarrolladas en el capítulo anterior. Se destacan los sujetos como insertos en el sistema sujetos-medio. La conducta, en cuanto sucesión de hechos, se concibe como un proceso - flujo de acontecimientos-, y por tanto, susceptible de planteamientos dinámicos. Se concibe toda acción en el seno de una asimetría, y en consecuencia, se plantea como causa todo aquello capaz de romper la simetría del sistema. Se hacen, igualmente, algunas consideraciones en torno a la memoria, al aprendizaje, a la motivación y a la personalidad.

La segunda parte de este capítulo se dedica al estudio de la depresión. Tras unas consideraciones generales sobre los procesos que dan lugar a la misma, se procede a revisar y a evaluar los modelos más significativos sobre esta enfermedad.

El último capítulo corresponde al desarrollo del modelo sobre la depresión basado en la dinámica de sistemas. Se concretan aquí definitivamente algunas de las ideas desarrolladas en apartados anteriores, y se procede a exponer según las fases clásicas de la dinámica de sistemas -diagrama causal, de Forrester, y ecuaciones DYNAMO- los distintos componentes del modelo. Merced al análisis cualitativo se determinan los puntos de equilibrio y la estabilidad de los mismos. Por último, se ofrecen algunos listados de ordenador de las distintas simulaciones realizadas.

Conviene indicarse, que junto a ideas sólidamente fundamentadas en la ciencia, se expresan aquí otras de más dudosa aceptación, en especial aquellas en torno a la teoría de la información, y a la particular manera de entender los sistemas. Numerosos conceptos extraídos de la cibernética y de la biología se extrapolan al contexto humano, y se interpretan así, aspectos tales como la motivación o la personalidad. Somos conscientes del terreno resbaladizo que pisamos, y confiamos que se valore el aspecto innovador de los mismos, más que su definitiva fundamentación.

Por otro lado, recordaremos algunas de las ideas expuestas en el capítulo primero respecto a las ventajas y limitaciones de los modelos por ordenador. Los modelos formales, aunque más rigurosos en determinados aspectos que los modelos verbales, gozan de una flexibilidad muy inferior a éstos. No todas las formulaciones pueden ser formalmente expresadas, y queda siempre un resto de insatisfacción cuando se contemplan los resultados. Pero entendemos que este modelo debe ser juzgado en base a los objetivos propuestos y no exclusivamente por criterios de proximidad al fenómeno real.

En este sentido, se han establecido ciertas restricciones y se han partido de determinadas hipótesis. Las restricciones hacen referencia a la consideración exclusiva de las depresiones psicógenas. De esta forma, el punto de atención debe estar enfocado fundamentalmente en la zona de interacción entre el sujeto y su medio. Por otro lado, la lógica de este modelo refleja las hipótesis planteadas. En este caso, la variable que incide sobre la depresión es la ansiedad, cuando ésta es intensa y prologada, como consecuencia de la percepción de falta de control sobre el medio. Otras hipótesis, posiblemente más correctas, no son contempladas, conscientes de que cualquier otro planteamiento será igualmente discutible.

En definitiva, hemos realizado un cierto esfuerzo por introducir

una metodología no usual en psicología. Se han planteado unas matemáticas distintas a la estadística, y se ha desarrollado un modelo ajeno al procesamiento de la información. Hemos iniciado un camino que dista mucho del punto final, pero mirando retrospectivamente, hemos avanzado algo. Si se nos juzga tomando como referencia la posible perfección de este trabajo habremos fracasado, pero si se valora lo andado y la dirección tomada, creemos haber aportado algo.

**1.- MODELOS Y SIMULACION**



## 1.- MODELOS Y SIMULACION

### 1.1.- Introducción

Este primer capítulo se entiende como una justificación a la utilización de modelos en la ciencia. La investigación se nutre de datos empíricos, pero al mismo tiempo con estos datos se configura un entramado conceptual que sirve, a su vez, de marco de referencia donde situar los nuevos hallazgos. Queda así, una cierta idea preconcebida para cuando el sujeto se encuentre con un nuevo fenómeno. La información que llega necesita de una cierta información previa como soporte, pero la nueva información modificará la habida, y sobre este nuevo soporte se construirán nuevas estructuras -modelos-.

Un modelo es una forma de concebir una determinada parcela de la realidad. Representa, en ciertos aspectos, a la realidad misma. Es siempre una concepción provisional, dispuesta a aceptar nuevos hechos que la alteren en mayor o menor grado. Hay, de esta forma, un proceso dialéctico entre mundo real y mundo concebido, y de tal diálogo vendrá cada vez concepciones más correctas.

Se concibe la elaboración de modelos como un complemento a la experimentación y a la observación. Observar es escuchar a la naturaleza, y experimentar, dialogar con ella. En el primer caso, se espera que, pacientemente, responda a una demanda implícita, y en el segundo

se hace explícita la pregunta. Ambas son formas de adquirir información. Pero las nuevas informaciones no pueden amalgamarse con las anteriores, sino que éstas deben articularse e integrarse en un todo que presente una cierta coherencia. A través de la observación y la experimentación se recogen retazos de la realidad, pero es función humana engarzar los distintos aspectos en una visión global de la misma. Y a partir de ahí se inicia un proceso distinto y de tanta relevancia (o más) que la simple adquisición de información.

Cuando se trata de un mundo complejo e imperfectamente conocido, como es la psicología, un modelo ha de entenderse como un conjunto de conjeturas más o menos verificables. Nunca se tendrá la absoluta seguridad de validez del modelo, pero cualquier modelo será útil en la medida que obliga a conceptualizar y comprender la realidad. Por otro lado, ciertos modelos son susceptibles de ser formalizados mediante un lenguaje matemático y/o de ordenador y ser probado su bondad y coherencia lógica reproduciendo la dinámica de su comportamiento -simulación-. A estas consideraciones y a algunas más dedicaremos las próximas páginas.

## 1.2.- La noción de modelo

El propósito último de la ciencia es conocer la realidad en las distintas facetas que se nos muestra (física, económica, psicológica .....etc). Y a tal empeño, con diferentes métodos, y diferentes resultados, se han dedicado investigadores de todas las épocas.

La realidad se nos presenta como un conjunto de fenómenos de complejo comportamiento. En esta situación, el hombre ha buscado elementos de referencia que le resultaran familiares para lograr explicarla. Ha buscado analogías. Estos son los modelos.

En una primera aproximación pueden entenderse los modelos como una versión simplificada y esquemática de la realidad en sus aspectos más relevantes para nuestros propósitos. Una definición más completa indicaría que un modelo es "un sistema artificial que presenta el mismo comportamiento que el sistema original" (Aracil, 1986, pág. 11). Y de una manera más exacta: "un objeto A es un modelo de un objeto B para un observador C, si C puede emplear A para responder a cuestiones acerca de B (Aracil, op. cit., pág. 123). De esta forma, una maqueta de un avión, la fotografía de una persona o un conjunto de ecuaciones pueden ser modelos, a diferentes niveles, del avión, de la persona o de un determinado sistema planetario.

Los modelos son representaciones de la realidad, y a ciertos efectos, sus sustitutos, pero no son la realidad misma, ni deben confundirse con ella. Un modelo no debe ser demasiado exhaustivo, y pretender agotar la misma realidad que representa. No debe ser tan complejo como aquello que representa, de la misma manera que un mapa no debe ser un reflejo fiel y puntual del terreno. Para ello ya tenemos el terreno. Los modelos han de tener una función simplificadora.

Lo que hace que la realidad se entienda mediante los modelos es el parecido de estos con aquella; esto es, por el isomorfismo que presentan. Lo que significa que los modelos permiten explicar la realidad por analogía. Esta es la función *metafórica* de los modelos. Los modelos que elaboramos son entidades conocidas, la realidad es desconocida. Uno permite llegar al otro. La metáfora es el recurso para explicar lo desconocido. "Se piensa acerca de las cosas nuevas partiendo de la experiencia que se tiene de pensar sobre cosas conocidas". (Aracil, op. cit, pág. 16). La metáfora es fundamentalmente un préstamo e intercambio de pensamientos, una transacción entre contextos (Weizembaum, 1978, pág. 131).

### 1.3.- Tipo de modelos

Como se ha indicado, lo que caracteriza a los modelos es el parecido que guardan con la realidad. Es su analogía en los aspectos que nos interesa. Según el grado de analogía así serán los distintos modelos. Distinguiremos, a este respecto, entre modelos *materiales* (o físicos) y *formales* (o simbólicos).

Los modelos materiales no son más que transformaciones de los sistemas físicos originales en otros sistemas, también físicos, más sencillos, pero que conservan las características esenciales de aquellos (Gerez-Grijalba 1976, pág. 167). Los modelos materiales son tan sólo reproducciones a escala. Cuando la reproducción conserva las mismas dimensiones que el original se dice que es un modelo material tipo *réplica*; tal como la maqueta de un arquitecto o un tren eléctrico de juguete. Cuando en la reproducción se pierde alguna dimensión, se dice que es *cuasi-réplica*; así como una fotografía o un mapa (se presenta en dos dimensiones algo de tres dimensiones). Por último, cuando el modelo, aún siendo una representación física del objeto material original, no presenta una correspondencia puntual con el mismo en todos sus componentes, se dice que es un modelo material tipo *análogo*; como, por ejemplo, un robot (en cuanto a entidad física).

Los modelos formales consisten en una serie de aseveraciones expresadas en términos lógicos que representan las propiedades esenciales del sistema original (Gerez-Grijalba, 1976, pág. 180). Cuando estas aseveraciones se realizan a través de un lenguaje natural, como el español o el inglés diremos que se trata de un modelo verbal. Cuando el lenguaje utilizado es el lenguaje matemático, diremos que se trata de un modelo matemático, constituido por una serie de ecua-

ciones. Cuando se utiliza un lenguaje de programación diremos que se trata de un modelo por ordenador. Tal tipo de lenguajes permite simular el modelo, ésto es, ejecutarlo, así permitir comprobar *in vivo* el funcionamiento del modelo. Hay lenguajes propios de simulación tales como el DYNAMO, GPSS, SYMSMSCRIPT ...etc, aunque cualquier lenguaje convencional, como FORTRAN, BASIC o PASCAL puede servir para nuestros propósitos programándolos convenientemente. Sobre este tipo de modelos nos centraremos en el presente trabajo.

Frecuentemente se confunden modelos matemáticos y modelos por ordenador. Si bien es cierto que numerosas veces los modelos por ordenador contemplan ecuaciones matemáticas, sin embargo, no siempre ocurre así. Recordemos el modelo ELIZA desarrollado por Weizenbaum (1978), ARTIFITIAL PARANOIA DE COLBY (1975) o GENERAL PROBLEM SOLVER de Newell y Simon (1972), por citar algunos. Estos modelos funcionan en base a principios algo diferentes a los matemáticos. Utilizan operadores, que no son más que funciones a ejecutar por parte del ordenador siguiendo unas determinadas reglas. Estos operadores manejan prioritariamente conceptos de lógica simbólica. Además, incluso en aquellos modelos por ordenador cuya base está formada por ecuaciones matemáticas se ofrece siempre algo más. Este *plus* lo suministra las sentencias específicas del propio lenguaje de programación.

Por todo ello, estimamos conveniente la distinción entre modelos matemáticos y modelos por ordenador, sin que ello implique exclusión mutua. Los modelos por ordenador pueden -y frecuentemente lo hacen- englobar los modelos matemáticos. Ha de entenderse así, que todas las características de los modelos matemáticos son extensibles a los modelos por ordenador, aunque no a la inversa.

En otro orden de cosa, y dentro de los modelos matemáticos merecen distinguirse los modelos *probabilistas* de los modelos *deterministas*. De una manera esquemática diremos que los modelos

probabilistas contemplan elementos aleatorios en sus formulaciones, a diferencia de los modelos deterministas donde no hay lugar para la incertidumbre. Ambos tipos de modelos han sido profusamente aplicados en la ciencia, y ello, frecuentemente, debido a la particular concepción del investigador sobre la naturaleza de los fenómenos, según suponga que éstos estén sujetos a leyes o no. Otras veces subyacen consideraciones deterministas pero, dificultades de orden práctico para contemplar toda la información presente, hacen aconsejable la introducción de algunas variables aleatorias en el modelo, aunque el resto mantenga planteamientos deterministas.

#### 1.4.- Justificación de los modelos

Forrester (1971) justifica la existencia de modelos en la ciencia, y en especial de modelos simulables por ordenador, en base a la inevitabilidad de éstos. Si no se dispone de modelos formales, sólo quedarán aquellos otros tipos de modelos -los modelos mentales- con su carga de ambigüedad e imprecisión, y especialmente inadecuados para la toma de decisiones, "ya que la mente humana no está especialmente capacitada para proyectar en el tiempo las interrelaciones que se producen entre todas las partes que componen un modelo" (Aracil, 1983, pág. 19). Los modelos formales, son, sin embargo "precisos, abstractos, permiten transferir información de una manera lógica y son un medio no ambiguo de comunicación" (Jeffer, 1977, pág. 22).

No obstante, entendemos que, a pesar de sus deficiencias, los modelos mentales deben ser valorados en su justa medida. Son siempre la primera fuente, y nada desdeñable, de conocimientos. Además son el criterio último -juicio del observador- donde reside la justificación de los mismos. Por otro lado, no siempre es posible formalizar hasta los niveles deseados aquello que se concibe, y una simple formulación

verbal puede llegar más lejos -libres de encorsetamientos- cuando el instrumento matemático o informático resulta insuficiente. Como indica Cotarelo, los modelos formales son obra de la razón -la mente-, "... y al ponerse en duda la razón, el escepticismo no la abole, sino que se abole a sí mismo". (Cotarelo, 1979, pág. 83)

### 1.5.- Simulación

Los modelos por ordenador presentan la ventaja adicional de la simulación, lo que significa que puede observarse "en vivo" la dinámica de su comportamiento. Y en la medida que puede establecerse una correspondencia entre modelo y sistema real, el comportamiento del mismo constituye una aproximación válida a dicho sistema.

Una definición precisa y rigurosa de simulación es la propuesta por Churchman (1963, pág. 12), según la cual "x" simula a "y", sólo si:

- a) "x" e "y" son sistemas formales
- b) "y" se considera como el sistema real
- c) "x" se considera como una aproximación del sistema real
- d) las reglas de validez de "x" no están exentas de error

Para los propósitos aquí planteados una definición más simple resultará suficiente. De acuerdo con Nylon y otros, (1966, pág. 16) entenderemos la simulación como las operaciones realizadas sobre un modelo representativo de un sistema.

Los modelos de simulación han aparecido allí donde han resultado insuficientes los modelos matemáticos, y allí donde la experimenta-

ción no ha parecido pertinente (McMillan, 1973). Efectivamente, existen fenómenos de tal complejidad que son imposibles de ser abordados por el aparato matemático actualmente conocido. Igualmente, consideraciones económicas y de seguridad han hecho desaconsejables, en ciertos casos, la experimentación (como en investigación nuclear o astronáutica).

En este sentido, el modelo es un sustituto de la realidad (a los efectos que nos interesa), de la misma manera que el plano lo es del territorio. Donde antes se manipulaba la realidad ahora se hace sobre el modelo. De esta forma "una vez que un modelo ha sido realizado de tal manera que se ajusta a los hechos conocidos y comprobados mediante predicciones para los cuales hay datos de observación independientes, el modelo se usa para experimentación" (McMillan, op. cit., pág. 28). La simulación como alternativa de la experimentación.

No obstante, el interés del modelo como representativo de la realidad ha de hacerse con las debidas precauciones, según el dominio al que pertenece el sistema modelado (Aracil, 1983). Cuando el sistema pertenezca al dominio de las ciencias físicas, cuyos fenómenos son bien conocidos, la simulación reproduce la realidad con suficiente fidelidad. No ocurre lo mismo cuando se intenta reproducir fenómenos incompletamente conocidos, tal como ocurre en ciencias humanas. Aquí los modelos son aproximaciones a modo de hipótesis respecto al funcionamiento de un sistema, pero en los que no debe esperarse un ajuste perfecto. En estos casos parece aconsejable no tanto concentrarse en las predicciones puntuales como en aquellas otras consideraciones, más globales que hacen referencia al modo de comportamiento (Randers, 1973). Procede pues, no tanto a un análisis cuantitativo como cualitativo.

Conviene aclarar que en el proceso de construcción de modelos, el propósito fundamental no es imitar la realidad aparente, sino buscar mecanismos subyacentes que la expliquen. No se trata, pues, de ir



agregando al modelo las propiedades del sistema real, sino de descubrir sus criterios de organización (y mejor cuanto más simples y generales). Por esta razón, un buen modelo no debe ser un modelo *ad hoc* de una realidad específica, sino una aplicación concreta de un principio general. La ciencia de los modelos ha de avanzar en la línea de encontrar mecanismos explicativos de índole general. En este sentido, podemos afirmar que simular no es tanto imitar resultados como imitar procesos (Abelson, 1968). Y en la medida que un modelo describe, con cierta lógica, los procesos que dan lugar a un fenómeno, lo explica.

En última instancia, es la realidad lo que se toma como punto de referencia de los modelos. Pero cuando se trata de fenómenos complejos como los que caracterizan la sociología o la psicología, ocurre que es la misma realidad lo que se desconoce. Nos encontramos, paradójicamente, con que lo único que sabemos de la realidad es precisamente el modelo que nos hacemos de ella. Y de esta forma, nos movemos en círculos: la garantía del modelo es su aproximación a la realidad, realidad que sólo es conocida a través de los modelos.

Esta circunstancia ha sido advertida por Cotarelo (1978, pág. 80), quien afirma que "si se utilizan modelos para conocer la realidad, ¿cómo es posible hacer un modelo sobre lo que se desconoce?. Y, por el contrario, si se conoce la realidad, ¿qué necesidad hay de hacer un modelo?".

La segunda parte de la pregunta ya ha sido respondida anteriormente. Cuando se conoce la realidad, obviamente, no se construyen modelos para conocerla. Son razones de otro tipo, como seguridad, rapidez o economía, las que inducen a su elaboración. Recuérdese, a este respecto las maquetas o los simuladores de vuelo, en donde el modelo es un instrumento más barato y seguro que la realidad a efectos de experimentación. En este caso, la función del modelo es "sustitutiva" de la realidad.

Nos interesa especialmente la primera parte de la pregunta porque realmente entendemos que existe tal circularidad entre modelo y realidad, y que además, no puede evitarse. Tal circunstancia es debido a que un modelo no es algo conceptualmente distinto a una teoría. Sobre este aspecto nos extenderemos a continuación.

#### 1.6.- Los modelos como teorías

Efectivamente, los modelos se elaboran en un intento por conocer la realidad. Obviamente, no puede hacerse un modelo de lo que se desconoce, pero nada impide que los seres humanos se hagan conjeturas sobre la naturaleza de la realidad. Los modelos se entienden así, como conjeturas o hipótesis. En este sentido, modelo es tanto el modelo psicoanalítico o conductista como el modelo del átomo de Bohr. Por otro lado, un modelo es algo provisional, susceptible de admitir nueva información, y por tanto, de ser superado.

Desde esta consideración los modelos y las teorías son equivalentes. Los modelos, en cuanto conjunto de hipótesis sobre un cierto aspecto de la realidad, son teorías. Teoría y modelo gozan de la misma naturaleza, y la diferencia entre ellos es simplemente de grado. Los modelos se convierten en teorías en el momento en que las formulaciones implicadas superan un cierto grado de complejidad. También el proceso inverso será cierto y podrá afirmarse que un modelo es la aplicación específica de una teoría general (Arnau, 1982, pág. 98).

Teoría y modelo se encuentran a lo largo de un *continuum*, y sólo en los extremos del mismo pueden distinguirse claramente. Para otras situaciones intermedias se hablará de miniteorías o macromode-

los y se carecerá de criterio para reconocer una pequeña teoría de un gran modelo. Por esta razón, si se prescinde de las dimensiones de lo tratado, y sólo se considera la naturaleza del mismo, se convendrá en la equivalencia entre modelo y teoría.

Los modelos (o teorías) como instrumentos de conocimiento es otra cuestión a analizar. Aquí partimos de la consideración de la necesidad de modelos en el proceso de adquisición de conocimientos. No se comparte la postura del inductivismo ingenuo, merced a la cual la única fuente de conocimientos es el dato empírico con independencia del observador. No existe el dato puro, sino el dato en relación al observador. Podemos afirmar que junto al dato (del que no se niega su existencia) se necesita unas ciertas coordenadas mentales donde situarlo -teoría-. No existe observación sin una mente que la conciba, de la misma manera que no hay conocimiento sin un objeto que lo sustente. Asistimos, de esta forma, a una relación dialéctica entre observación y teoría. Las teorías se van perfilando y perfeccionando con nuevas observaciones, al mismo tiempo que este enriquecimiento teórico añade una nueva dimensión a los datos observados. Por eso se ha dicho que lo que caracteriza al descubrimiento científico no es simplemente la suma de observaciones, sino la suma de observaciones realizadas desde un nuevo punto de vista (Anguera, 1984, pág. 55)

#### **1.7.- Validación de los modelos**

El problema de la validación de los modelos (aquí modelos de ordenador) es uno de los temas más espinosos de la simulación. En términos generales, validación es la determinación de cuan adecuadamente la simulación refleja aquellos aspectos del mundo real que han sido asignados para modelar. Se mide por el grado de correspondencia entre los resultados del modelo y los datos de observación, aunque,

al respecto deben hacerse algunas matizaciones. Como se ha indicado, cuando se simula el comportamiento de sistemas físicos bien conocidos, el problema de la validación se limita a comparar puntualmente los resultados del modelo con los del mundo real. Por el contrario, cuando el modelo intenta reflejar una realidad imperfectamente conocida, es difícil guiarse por criterios de ajuste. Se recurre, entonces, a criterios menos rigurosos que los meramente cuantitativos. No se trata, ahora, de observar si los resultados del modelo coinciden puntualmente con el sistema real, sino si el modelo, de alguna manera, refleja el mismo tipo de comportamiento que dicho sistema real. Se acude, así, a criterios de tipo cualitativo.

A este respecto, distinguimos, junto a Randers (1973), dos tipos de predicciones: predicción puntual y predicción de la forma del comportamiento. La predicción puntual pretende ofrecer información cuantitativa de un evento en un momento determinado. Por el contrario, la predicción por la forma del comportamiento tiene como propósito dar información cualitativa sobre las tendencias conductuales del sistema. Tomando el ejemplo de la pelota de tenis, una predicción puntual indicaría en qué lugar exacto se encontraría la pelota en un momento determinado, y una predicción cualitativa distinguiría, por ejemplo, si dicha pelota realiza una trayectoria parabólica o en zigzag. Por nuestra parte, en el modelo que expondremos más adelante, nos regiremos por criterios de carácter cualitativo.

Pero hay otros aspectos que convierten al problema de los modelos en algo más complejo. Aun cuando el modelo ofrezca una exacta predicción del comportamiento del sistema real, nunca se estará en condiciones de asegurar que la realidad es tal como la describe el modelo. Un buen ejemplo, puede observarse en la física. El modelo de Newton es válido para un amplio conjunto de situaciones, pero ha sido superado actualmente por Einstein. Para un observador ajeno a esta circunstancia (y suponiendo que se desarrollara dentro de un determinado rango de fenómenos físicos) la exacta correspondencia entre los

hechos reales y las predicciones de la mecánica clásica serían indicativo de su validez. Por otro lado, es de suponer que con el tiempo la teoría de la relatividad se vea superada por alguna otra teoría. De esta forma, parece como si cualquier modelo fuera simultáneamente falso y verdadero. Falso por cuanto siempre será superado por cualquier otro, y verdadero, por cuanto satisface puntualmente exigencias de carácter predictivo.

Detrás de la validación de modelos subyace la imposibilidad de conocer verdaderamente en un momento dado, la realidad. Y puesto que no la conocemos carecemos de criterios infalibles que asegure la verdad de una teoría. No hay ningún método de verificación que garantice absoluta y totalmente la verdad de las hipótesis científicas de una teoría (Rivadulla, 1984, pág. 299)." Jamás podrá probarse que un modelo es verdadero, de la misma manera que tampoco podrá hacerse con una teoría. Lo más que puede decirse es que ambos, modelo y teoría, son consistentes con los hechos conocidos, no que son verdaderos" (Apter, 1970, pág. 25).

No obstante, el hecho no poder tener constancia absoluta de la verdad de cualquier teoría no invalida la utilización de la misma en el quehacer científico. Si bien es cierto que ninguna teoría es definitiva, es igualmente cierto que no necesariamente todas las teorías son completamente falsas. Las teorías no son puras tautologías. Alguna correspondencia verdadera mantendrán con algo real, y aunque, entre una serie de teorías no pueda establecerse cual es la verdadera, sí podrá indicarse en base a ciertos requisitos, cual es la mejor. Paradójicamente, la verdad es desconocida, pero algunas teorías están más cerca de ella que otras. Este es el concepto de verosimilitud o de aproximación a la verdad de Popper (1982) o del carácter gradual de la verdad expresado por Bunge (1972). No existe saber seguro, sino saber presunto, pero en nuestro presunto saber hay un progreso hacia la verdad (Popper, op. cit. pág. 109). Destacaremos así, una serie de criterios que permiten que unas teorías sean más

verosímiles que otras, a saber: a) generalidad, b) simplicidad, c) contrastabilidad y d) consistencia lógica.

a) Generalidad

De varias teorías referentes al mismo fenómeno elegiremos aquella cuyo campo de aplicación sea más amplio. Así la teoría de Einstein será preferible a la de Newton, porque, aunque ambas ofrecen las mismas predicciones para un determinado rango de acontecimientos (velocidades pequeñas) no ocurre lo mismo para ámbitos más amplios (velocidades próximas a la luz).

b) Simplicidad

De varias teorías referentes al mismo fenómeno, elegiremos aquella que sea más simple, es decir, aquella que exija un menor número de hipótesis y presente una argumentación lógica menos compleja. Será preferible explicar por *menos* que por *más*. Por ejemplo, no se recurrirá al espíritu de los muertos para explicar fenómenos naturales.

c) Contrastabilidad

Las teorías han de presentar una cierta sensibilidad a los datos empíricos, de tal forma que su contenido hipotético pueda ser confirmable y/o refutable. Han de ser falsables, en los términos propuestos por Popper (1982), aunque convenimos con Chalmers (1976, pág. 93) en que "las teorías no pueden falsarse de modo concluyente, porque los enunciados observacionales que sirven de base a la falsación pueden resultar falsos a la luz de posteriores progresos". No obstante, a pesar de reconocer que ni las confirma-

ciones ni las refutaciones son definitivas, estimamos que deben ser requisitos imprescindibles en el proceso de chequeo de una teoría, admitiendo, a su vez, que los criterios de falsación han de ser probados.

d) Consistencia lógica

Hace referencia a los aspectos formales de las teorías. Las distintas hipótesis que integran una teoría deben guardar coherencia entre sí, o lo que es lo mismo, no han de ser contradictorias unas respecto a otras (Bunge, 1972).

A modo de resumen, afirmaremos con Einstein (1954, pág. 35) que "una teoría es tanto más impresionante cuanto mayor sea la simplicidad de sus premisas, cuanto más diversas sean las cosas que conecta entre sí, y cuanto más amplio sea su ámbito de aplicación".

En conclusión, las teorías (como los modelos) son elaboraciones hipotéticas que intentan dar cuenta de un cierto aspecto de la realidad. Nunca son definitivas, pero permiten un desarrollo progresivo, y por tanto, una mejora permanente en la comprensión del mundo.

1.8.- Ventajas de los modelos por ordenador

El desarrollo de la ciencia ha estado condicionado en gran medida, por el descubrimiento de nuevos instrumentos. El telescopio permitió a Galileo comprobar que la luna no era una esfera perfecta, y así echar por tierra la teoría de Aristóteles. Igualmente, el



microscopio puso al descubierto la existencia de pequeños organismos en determinadas enfermedades.

El instrumento, por excelencia, del siglo XX es el ordenador. De la misma manera que el microscopio o el telescopio, el ordenador ofrece a la ciencia una nueva perspectiva de observación. El microscopio permite acceder a lo infinitamente pequeño, el telescopio a lo infinitamente lejano, y el ordenador, a lo infinitamente complejo (Rosnay, 1975, pág. 1).

Cuando se opera sobre un sistema relativamente bien conocido, como ocurre frecuentemente en física, el modelo permite estudiar el comportamiento del sistema bajo diferentes circunstancias sin necesidad de operar sobre el sistema real. En estos casos, la simulación constituye una auténtica alternativa a la experimentación. Presenta algunas ventajas, tales como economía, rapidez y control de la escala espacio-temporal.

#### a) economía

Es más barato operar con un modelo que sobre un sistema real. Por esta razón se construyen túneles aerodinámicos, simuladores de vuelo o maquetas de presas.

#### b) Seguridad

Significa la posibilidad de ensayar sobre el modelo diferentes alternativas sin que el sistema sufra daño alguno. Esta circunstancia permite llevar a cabo políticas más adecuadas, ya que los ensayos no recaen sobre el sistema y se evitan riesgos innecesarios, que de ocurrir podrían destruir el sistema.



### c) control de la escala espacio-temporal

El tiempo puede ser ampliado o reducido tanto como se desee. De esta forma, es posible acelerar fenómenos muy lentos (acontecimientos sociales, desarrollo filogenético de las especies ...) o por el contrario, ralentizar fenómenos ultrarápidos (impacto de un proyectil sobre una superficie, reacciones a escala atómica ...). Igualmente, es posible operar a una escala espacial superior a la que permiten los sentidos humanos, tanto para grandes dimensiones (evolución de galaxias, trayectorias de naves espaciales ...) como para dimensiones extraordinariamente reducidas (experimentos en física nuclear)

Pero no siempre se dispone del grado de información deseado. Numerosos sistemas, especialmente los que se desenvuelven en el entorno de las ciencias humanas, adolecen de esta particularidad. Cuando esto ocurre, los modelos, más que ser reproducciones a escala del sistema original, constituyen auténticas herramientas conceptuales destinadas a incrementar el nivel de conocimientos de un determinado área. Modelar equivale, entonces a generar hipótesis, y simular, a poner a prueba la bondad de dichas hipótesis. En estos casos, los modelos por ordenador presentan las siguientes ventajas : a) precisión, b) inambigüedad, c) consistencia, c) mayor comprensión del fenómeno

#### a) precisión

Obligan a expresar las ideas de una forma precisa (Apter, 1970, pág. 26). Los programas por ordenador no admiten, en modo alguno, instrucciones vagas. Un programa es una secuencia de instrucciones, y cuando se trata de simular el comportamiento de un sistema

hay que indicar exactamente, paso a paso, con el máximo detalle, las operaciones a realizar, lo que obliga a tener un conocimiento exhaustivo de dicho sistema.

b) inambigüedad

Constituyen un medio no ambiguo de comunicación (Jeffer, 1975, pág. 21). Tal propiedad deriva de la característica mencionada anteriormente. La ciencia no es una labor de un solo sujeto, sino de muchos, y cuando las formulaciones son precisas, hay una efectiva transferencia de información que permite incrementar el cuerpo común de conocimientos, y aunar los esfuerzos en una misma dirección.

c) consistencia

El conjunto de proposiciones que integran un modelo no debe presentar contradicciones internas. Puesto que la simulación permite observar *en vivo* la evolución de las hipótesis establecidas, es posible detectar incoherencias, si las hubiere, cuestión algo más difícil cuando el modelo está expresado verbalmente.

d) mayor comprensión del fenómeno

Esta propiedad deriva en parte, de las anteriores y, en parte, del efecto *feedback* que proporciona la información de los resultados tras la simulación. Esta circunstancia se traduce en una mayor comprensión y clarificación del sistema objeto de estudio.

En definitiva, la gran ventaja de los modelos por ordenador radica en el mismo hecho de modelar, lo que sitúa al investigador, frente a los fenómenos, dotado de una particular disposición. La exigencia de plantear las hipótesis de una forma precisa y concreta, junto a su verificación, merced a la simulación, proporciona un excelente método para una mayor comprensión de la realidad.

#### 1.9.- Limitaciones de los modelos por ordenador

No obstante, ha de reconocerse que no todo son ventajas cuando se intenta representar la realidad mediante un modelo de ordenador. Destaquemos, entre otros, las siguientes limitaciones: a) distorsión del fenómeno, b) dificultad, c) pérdida de los objetivos fundamentales, d) sobrevaloración del modelo, y e) hipercomplejidad del modelo.

##### a) distorsión del fenómeno

La primera, y más importante, hace referencia a la inevitable distorsión que se produce al intentar ajustar la realidad a un código específico como son los lenguajes de programación. Una teoría puede estar razonablemente bien articulada, en términos literarios, y su incorporación al modelo, sufrir ciertas restricciones debidas a las limitación de la programación. Por otro lado, el programador puede mostrar una pesada insistencia en que los datos de observación encajen en su modelo, aun cuando la evidencia muestre lo contrario.

##### b) dificultad

El hecho de tener que operar en código de ordenador convierte a la simulación en un método un tanto enojoso de resolver problemas (Cotarelo, 1978, pág. 77). La complejidad de la simbología lógica a utilizar da lugar a que la simulación no sea accesible a cualquier persona, sino tan sólo a especialistas. Este aspecto no debe ser considerado como una limitación de los modelos en sí, sino como una limitación que se impone a numerosos investigadores, especialmente a los que carecen de una formación técnica.

c) pérdida de los objetivos prioritarios

Existe la posibilidad de que el investigador se enzarce en la programación de tal forma que pierda de vista los objetivos fundamentales de la investigación. Esta circunstancia se da, nos atreveríamos a decir, no sólo en unos cuantos programadores, sino en la mayoría de ellos. El programa siempre es mejorable, y además la labor es apasionante. Sumidos en esta dinámica, el modelo no parece tener fin, y los propósitos iniciales parecen relegarse a un segundo plano.

d) Sobrevaloración del modelo

Frecuentemente se invierte el proceso. No se intenta ajustar el modelo a la realidad sino la realidad al modelo. Es relativamente fácil que sobre la marcha el modelo vaya cobrando "fuerza" (y que además, el programador, se sienta inmensamente orgulloso de su "obra"). De esta forma, el modelo se convierte en el protagonista de la escena. Todo lo que puede ser interpretado en términos del modelo se hace así, y lo que no, se soslaya.

#### e) Hipercomplejidad del modelo

Otras veces ocurre lo que ha venido en llamarse "la paradoja de Bonini", en virtud de la cual, y en el afán por parte del programador de realizar un buen modelo, resulta que el mismo es tan complejo o más que la propia realidad, y de esta forma, queda distorsionada la función simplificadora de los modelos.

En definitiva, asistimos a una serie de limitaciones que derivan del uso del ordenador en la elaboración de modelos. Unas limitaciones derivan de la misma naturaleza de este tipo de modelos -restringidos al lenguaje utilizado- y otras derivan de la propia actitud del investigador en el proceso de modelado.

#### 1.10.- Los modelos en psicología

Como se ha indicado, los modelos en ciencias humanas presentan una complejidad muy superior a los modelos desarrollados en las ciencias físicas, donde ejercen una función primordialmente sustitutiva del fenómeno a estudiar. Razones de economía, seguridad o rapidez justifican su utilización en estos ámbitos, pero no cabe encontrar en ellos nada que implique un incremento de conocimientos respecto a la realidad a modelar. A efectos de investigación, puede considerarse la simulación como un sustituto de la experimentación.

Los modelos en psicología son, por el contrario, auténticas reconstrucciones conceptuales de los fenómenos psicológicos. Su función no es tanto representar fielmente el mundo real como arrojar

una cierta comprensión sobre el mismo. Supone, a nuestro juicio, un eficaz complemento -que no sustitutos- a la observación y a la experimentación. Si estos procedimientos permiten adquirir información del medio, modelar obliga a organizar tal información en un todo coherente, y simular, a probar su consistencia interna.

Nos interesa especialmente distinguir la simulación de la experimentación. Experimentar significa dialogar con la naturaleza, y simular, dialogar con el modelo. La naturaleza está allí, y el modelo es una construcción personal. En la experimentación lo importante son las respuestas que ofrece el sistema real cuando es estimulado. Interesa encontrar un cierto orden entre las entradas y las salidas del sistema, pero básicamente se ignora el interior del mismo. Por el contrario, en la simulación, merecen especial atención la forma en que se desarrollan los procesos en el interior del sistema. De hecho, lo que se persigue es la comprensión cabal de tales procesos (sin renunciar a la fuente de información que proporciona la experimentación). Por otro lado, la experimentación sólo permite contemplar la realidad de forma fragmentada, y "los datos de laboratorio pueden tener una validez circunscrita al entorno en que han sido elaborados, pero están faltos de validez ecológica" (Valle Arrollo, 1984, pág. 17). Por el contrario, la simulación permite integrar distintos aspectos -biológicos, sociales, psicológicos .. etc- en un todo coherente, y en una mayor aproximación al fenómeno real.

#### 1.10.1.- La metáfora del ordenador

Una expresión que actualmente goza de una cierta popularidad en psicología es la de "metáfora del ordenador", según la cual, el ordenador y la mente humana son sistemas de procesamiento equivalentes (De Vega, 1982, pág. 63). Se cita como ejemplo histórico, la

máquina universal de Turing, capaz de simular el comportamiento inteligente humano hasta tal punto de confundir a un observador que se comunicara con el mismo a través de una pantalla.

Pero si se programa adecuadamente un ordenador puede simular la conducta de un pez, de un avión, de un bosque o de una ciudad. Si como se ha dicho la analogía entre el ordenador y el ser humano es a nivel de "software", no hay ninguna razón para que a ese mismo nivel no sea analogía de cualquier otra cosa. Queda así ampliado el concepto de metáfora al ámbito que se desee, siempre que pueda expresarse en un lenguaje formalizado. La metáfora no es el ordenador, sino el modelo que subyace en él.

Más razonable parece ser la denominación del ordenador como *máquina de máquinas* (Aracil, 1986). Es la extraordinaria flexibilidad lo que distingue al ordenador de otras máquinas. Su versatilidad lo hará aparecer como cualquier *otra cosa* que pueda ser descrita eficazmente, no sólo máquinas sino organismos, y confundir así al supuesto observador de la máquina de Turing. El parecido entre ordenador y mente reside en que ambos son operadores simbólicos con memoria. El lenguaje permite operar simbólicamente sobre un amplio rango de situaciones y la memoria es el soporte donde mantener el conjunto de las representaciones.

La metáfora del ordenador parece ser un término acuñado desde la psicología cognitiva. A semejanza de lo que ocurre en el ordenador se pretende dar cuenta de los procesos cognitivos, y el término *modelo de simulación* parece restringido a este ámbito. Modelos sobre memoria, percepción, lenguaje .. etc, proliferan en lo que genéricamente se ha denominado como paradigma del procesamiento de la información, donde se destaca el papel del sujeto, relegado durante algún tiempo, por el conductismo a una labor secundaria. Ahora, los sujetos procesan, almacenan, organizan, ocupan el protagonismo de la escena,

y los modelos así tratan de reflejarlo.

Nos interesa destacar que los modelos en psicología no deben limitarse al campo restrictivo de la psicología cognitiva. La metáfora -no del ordenador- sino de los modelos susceptibles de ser simulados es lo que nos preocupa. Un modelo puede ser una buena metáfora de cualquier cosa siempre que esté correctamente hecho, y en este sentido, pueden y deben ampliarse a otros campos de la psicología como personalidad o conducta social, y con postulados no necesariamente cognitivistas. El modelo que desarrollaremos en esta tesis obedece a este espíritu. Los aspectos cognitivos son una parte más -frecuentemente no la más importante- de la conducta humana.

No queremos finalizar este breve capítulo sin una referencia a otra forma de modelar que estimamos de gran interés en determinados ámbitos. Nos referimos a la robótica, donde, en ciertos aspectos, puede considerarse que la metáfora es llevada a un nivel de analogía física.

#### 1.10.2.- Robótica

Los robots (palabra de origen checo, que significa siervo) son un viejo sueño de la humanidad. Desde el primitivo *golem* de la leyenda judía, que de los tres tipos de inteligencia -conocimiento, sabiduría y discernimiento- sólo poseía el primero, hasta el más reciente *Hall*, de la película "2001: Una odisea en el espacio", dotado de una peligrosa consciencia, ha existido todo un muestrario de artefactos mecánicos donde el ser humano ha proyectado toda su fantasía de poder y dominio.

Podemos considerar a los robots como especies de ordenadores



sensoriomotrices. Básicamente son sistemas compuestos por: a) un equipo sensorial (sensores para el tacto, células fotoeléctricas o cámara de televisión), b) un equipo efector (brazos mecánicos), y c) un computador digital de propósito general (Raphael, 1976, pág. 321).

El desarrollo de la robótica tiene una función muy determinada en la sociedad actual. Los robots -siervos- tienen la misión encomendada antaño a los esclavos. Su función es la de servir de sustitutos a los seres humanos en tareas rutinarias (ensamblaje de piezas en cadenas industriales), desagradables (experimentación nuclear), o peligrosas (viajes espaciales).

El manejo de robots convierte a la simulación en una labor mucho más realista. La simulación sin robots obliga a introducir en la memoria del ordenador toda una compleja representación simbólica del mundo real. Y es extraordinariamente complejo manejar información del espacio tridimensional a través de programación. Por el contrario, cuando se opera con un robot el mundo está ahí, no es necesario incorporarlo a la memoria del ordenador, y en consecuencia, la simulación es más sencilla. Por otro lado, el hecho de operar con *ojos* y *brazos* permite conocer mejor el tipo de servomecanismos que intervienen en la interacción sensorio-efectora, y proporcionan, por tanto, una valiosa información a efecto de prótesis tales como ojos, oídos, piernas, brazos ... y un sinnúmero de miembros artificiales que pueden devolver la esperanza a numerosas personas mutiladas o paráliticas.

Igualmente, la robótica puede hacernos profundizar en los procesos de aprendizaje que intervienen en el desarrollo de la inteligencia. "Sabemos que el desarrollo de la inteligencia requiere un ambiente sensorial rico: a un bebé hay que permitirle que vea, toque, pruebe, huelga y se arrastre por sus alrededores. Tal vez podamos hacer un computador más inteligente dejándole ver y sentir el mundo físico, con sus propios ojos y dedos, en vez de filtrar toda la

comunicación sensorial a través de cintas magnéticas y tarjetas perforadas" (Raphael, 1976, pág. 323).

## ***2.- EL ENFOQUE DE SISTEMAS***

## 2.- EL ENFOQUE DE SISTEMAS

### 2.1.- Introducción

En el capítulo anterior destacábamos la importancia de los modelos y de la simulación como un recurso útil para explicar y comprender los distintos aspectos de la realidad. En el presente, es nuestra intención exponer una determinada metodología de la simulación denominada *dinámica de sistemas*. Esta metodología, como veremos, ha resultado especialmente fecunda en distintas ramas de la ciencia, tales como física, biología ó sociología. Estamos convencidos de que, en la medida en que la psicología comparte con estas disciplinas los mismos principios explicativos, es susceptible de ser estudiada merced a esta metodología. El presente capítulo mostrará nuestro esfuerzo por conseguirlo.

Antes de detenernos a exponer las características generales de la dinámica de sistemas, ofreceremos un pequeño esbozo de los antecedentes históricos de la misma, que nos permita comprenderla a la luz de su origen. Destacaremos, en este sentido, la importancia de la informática, cibernética, teoría general de sistemas, teoría de catástrofes y estructuras disipativas de Prigogine como disciplinas de las que se ha nutrido la dinámica de sistemas en su proceso de gestación.

Más adelante expondremos los rasgos fundamentales que caracterizan la dinámica de sistemas, o mejor dicho, lo que ha venido a llamarse en ciencia, el enfoque sistémico. Este apartado será amplio, y en él desarrollaremos las bases conceptuales en las que se apoya esta metodología, tales como la noción de sistema, realimentación, información, y algunos conceptos generales en torno a la estabilidad

y control de los sistemas. Primeramente, referiremos estos conceptos al ámbito de las ciencias, en general, para posteriormente detenernos en la psicología, en particular.

## **2.2. La dinámica de sistemas. Antecedentes**

En términos generales, podemos considerar la dinámica de sistemas como una metodología nacida a la luz de las exigencias de la física del siglo XX, en un intento de superar las lagunas e incoherencias de la mecánica clásica. Los modelos basados en tal metodología son consecuencia de una nueva forma de contemplar la realidad, o, utilizando la terminología de Kuhn, son fruto de un nuevo paradigma. Este paradigma se ha denominado paradigma de sistemas, y constituye un nuevo marco conceptual sobre el cual situar los datos de nuestras observaciones. Aunque nos proponemos desarrollar estos aspectos en los próximos apartados, digamos, por el momento, que tal paradigma entiende la realidad como esencialmente relacional. Desde esta consideración, lo que da cuenta de algo es el tipo de relación que presenta sus componentes y no la naturaleza de los mismos. En esto se distingue radicalmente del enfoque analítico reduccionista merced al cual la realidad se comprende por el estudio aislado de sus distintos elementos.

Descendiendo al terreno de lo concreto, y tomando como referencia a Aracil (1983, pág. 30-31), podemos considerar que la dinámica de sistemas se desarrolló en el M.I.T. a finales de los años 50. Su auténtico origen se debe a una necesidad de índole práctica. Por aquel entonces, se encargó al M.I.T. el estudio de un problema por parte de la empresa Sprague Electric. El problema en cuestión era que el flujo de pedidos en dicha empresa sufría fuertes oscilaciones. Inicialmente se intentó solventar el problema recurriendo a métodos

clásicos de investigación operativa, en base a simulaciones tipo Monte Carlo, pero éstos no fueron satisfactorios. Forrester, responsable del equipo del M.I.T., se planteó la cuestión desde una perspectiva distinta. Concibió ésta como un conjunto de sucesos formando todos ellos una cadena cerrada autorregulada. Estudiando la relación de unos acontecimientos con otros pudo comprobar que los retrasos en la transmisión eran la causa de tal oscilación. Actuando a este nivel el problema quedó resuelto.

El éxito de esta aplicación indujo a Forrester a profundizar en estas ideas. Fue desarrollando su metodología, primeramente con la denominación de dinámica Industrial, a otras áreas del mundo empresarial. Posteriormente, sobre los años 60, extendió este tipo de aplicaciones a otros ámbitos como las ciudades, dando lugar a la llamada dinámica Urbana. Y por último, a partir de los 70, dicha metodología alcanzó un respetable grado de generalización, abordándose, por requerimiento del Club de Roma, el modelo del mundo. Este modelo, que fue polémico, intentaba dar cuenta de la evolución más probable, hasta el año 2000, de ciertos parámetros básicos, tales como población, alimentos, recursos naturales, contaminación y capital.

Actualmente tal metodología está ampliamente difundida y son numerosos los campos de aplicación. Digamos, sin intención de ser exhaustivos, que son lugar común en biología y economía. En psicología, apenas ha sido desarrollada. Tan sólo algunos intentos tal como los de Thietart (1977) y Wegman (1977), merecen mencionarse. Por nuestra parte, el presente trabajo pretende ser una pequeña contribución que esperamos anime a algunos más.

La dinámica de sistemas no es un producto acabado. Y aunque cabe atribuirle formalmente la paternidad a Forrester, el desarrollo posterior y la influencia de otras disciplinas, ha ampliado considerablemente sus horizontes iniciales, y ha llegado más allá de los propósitos originales de su autor. Asistimos a un continuo proceso de

gestación de ideas y de interfecundación con distintas corrientes del pensamiento que han ido desarrollándose en la últimas décadas. Mencionemos, en este sentido, cinco disciplinas cuya influencia merece destacarse, a saber: informática, cibernética, teoría general de sistema, teoría de catástrofes y estructuras disipativas de Prigogine. A su descripción dedicaremos el esfuerzo de las próximas páginas.

### 2.2.1. Informática

Sobre este punto no nos extenderemos demasiado. La informática se refiere a todo aquello que gira en torno al ordenador. Su nombre nos indica que tiene por objeto el manejo de la información. Es así, y su importancia deriva de la necesidad de hacer frente, por parte del ser humano a grandes cúmulos de información de forma precisa, segura y rápida. El ordenador añade eficacia a la inteligencia de la misma manera que la grúa añade potencia a los músculos. Son las prolongaciones artificiales que el hombre se ha creado de sí mismo, ante sus limitaciones naturales, en su afán por controlar su entorno.

Como se indicó en el capítulo anterior, el ordenador es el instrumento adecuado para efectuar simulaciones de cierta complejidad. El mundo es susceptible de ser representado mediante un juego de relaciones simbólicas -modelo-, y tal entramado ser plasmado en una entidad material tal como el ordenador. De esta forma, a su través, se materializa, en algo concreto aquella representación formal o abstracta (Aracil, 1986, pág. 64). Dicha concreción convierte a los modelos en algo susceptible de ser manipulados con cierta facilidad -simulación-, recurso especialmente útil cuando se trata de fenómenos complejos, difíciles de representar mentalmente.

### 2.2.2. Cibernética

Sin lugar a dudas, la cibernética constituye la disciplina que mayor influencia ha ejercido sobre la dinámica de sistemas. De ella se han tomado los elementos básicos conceptuales que la nutren.

La cibernética, como tal disciplina, debe su nacimiento a Norbert Wiener. En la década de los 40, y con motivo de la segunda guerra mundial, se centraba dicho autor en la tarea de automatizar el cañón antiaéreo. El problema consistía, básicamente, en ajustar, de forma continua, la dirección del proyectil hacia un objetivo móvil, en función de la información que permanente se recibía del blanco. Wiener elaboró un mecanismo que, con ayuda del radar, permitía tal proceso. Por esta razón, denominó a esta nueva disciplina *cibernética*, derivada del griego *Kybernetes*, es decir, el que guía o gobernante.

Lo más destacable de este ingenio es su capacidad para autorregularse sin el recurso de un agente exterior. Fue mérito de Wiener tomar conciencia de este fenómeno y hacerlo así explícito a través de determinadas formulaciones matemáticas. No obstante, máquinas con capacidad de autorregulación existían ya desde hacía tiempo. Destaquemos, en primer lugar, el regulador centrífugo inventado por James Watt (1736-1819) para su máquina de vapor, mediante el cual era posible mantener constante la salida de vapor de dicha máquina. Básicamente consistía en un eje vertical con dos pesos unidos a él mediante varillas deslizantes que permitían a los pesos ascender y descender según la velocidad de giro de dichos ejes. Cuando la velocidad era alta los pesos, debido a las fuerzas centrífugas, ascendían y cerraban parcialmente la válvula de inyección de vapor. Por el contrario, cuando la velocidad disminuía, descendían los pesos y



abrían la válvula. Otros dispositivos menos conocidos, pero igualmente relevantes, fueron la válvula de seguridad inventada por Denis Papin en 1679, precursora de las actuales ollas a presión; un aparato patentado en 1745 por Edmund Lee, de tal forma que las aspas de los molinos de viento siempre estuvieran perpendiculares a la dirección del viento, y un termostato desarrollado a principios del siglo XVII por Cornelis Drebbel.

Una observación cuidadosa de este tipo de dispositivos pone en tela de juicio la noción tradicional de causa y efecto. Detengámonos, por unos momentos, en el caso del termostato. Supongamos, en un principio, que no disponemos de tal mecanismo, sino tan sólo de un termómetro de pared. Obviamente, cuando aumenta la temperatura de la habitación sube el nivel del mercurio. Diremos, con propiedad, que la temperatura es la causa y la dilatación del mercurio, el efecto. Y no puede ser al revés: subir el mercurio jamás hará aumentar la temperatura de la habitación. Pero supongamos ahora que lo que tenemos no sea un simple termómetro sino un termostato, de tal forma que cuando la temperatura sobrepasa un cierto límite, éste actúa sobre la caldera, disminuyendo su intensidad, y por el contrario, cuando desciende por debajo de un determinado límite, se activa la acción del calor. En este caso, el valor que marca el termómetro depende del calor que haya en la habitación, pero también, el calor que se genera en la habitación depende de la altura del mercurio. Ambas cantidades son mutuamente dependientes. Ambas son causa y efecto de la otra. Nos encontramos con lo que los ingenieros denominan un *circuito cerrado*. O dicho en otros términos, este tipo de dispositivos ponen de manifiesto la existencia de cadenas causales circulares, frente a las consideraciones, hasta entonces clásicas, de la causalidad unidireccional.

El desarrollo de máquinas con capacidad de autorregulación arrojó nueva luz en la comprensión de una gran cantidad de acontecimientos de la naturaleza y de los asuntos humanos (Tustin, 1965, pág. 154).

El mismo mecanismo sirve para explicar el proceso por el que se mantiene la presión sanguínea estable, así como la temperatura o el nivel de glucosa. Igualmente, tal mecanismo, da cuenta del proceso de alcanzar un objeto con la mano, así como, en dinámica de poblaciones, de la relación depredador-presa, o incluso, en el terreno económico, de la evolución de precios en el mercado. Tal mecanismo se conoce con el nombre de *realimentación*

Realimentación es la propiedad que presentan los elementos que se encuentran unidos entre sí por un circuito cerrado. En el ejemplo del termostato, la temperatura de la habitación ponía en marcha la acción de la caldera, y a su vez, ésta calentaba la habitación. Si tenemos que A es la temperatura y B, la acción de la caldera, podremos expresar, de forma sencilla, su relación merced al siguiente diagrama:



Diagrama que expresa que A afecta a B en la misma medida que B afecta a A. Se dice, entonces, que existe entre ellos, interacción. En este caso, es la información de la temperatura, por medio del termómetro, lo que hace que se cierre o se abra la válvula que genera la producción de calor. En el caso del proyectil dirigido a un determinado blanco, es la información de la distancia que separa a éste del objetivo, lo que hace modificar la dirección del mismo. En términos generales, es la introducción continua de información entre un cierto estado del sistema y el que se persigue, lo que permite el control de tales dispositivos. Por tal razón, puede afirmarse que se trata de mecanismos dotados de realimentación de información, en el sentido de que continuamente se les reintroduce -realimenta- los resultados de su acción.

Es precisamente, merced a esta propiedad, que presentan ciertos mecanismos, de reintroducir en ellos los resultados de su acción, lo que permite realizar las correcciones adecuadas en su comportamiento, y por tanto, optimizar el rendimiento del mismo. Por ello, Wiener define la cibernética como "la ciencia del control y comunicación tanto en el animal como en la máquina" (Wiener, 1948, pág. 23). Y Couffignal, abundando en la noción de control, como "la ciencia de asegurar la eficacia de la acción" (Couffignal, 1965, pág. 29). La apostilla de Wiener referente a la *comunicación* quiere expresar que control y comunicación son conceptos ligados, en el sentido de que, precisamente, la transmisión de información -comunicación-, es lo que facilita el control. Greniewski, por su parte, pone el acento en la información y define la cibernética como "la ciencia general de los sistemas informados y de los sistemas informantes, y en particular, de los sistemas de información" (Greniewski, 1965, pág. 58)

Circunstancias como ésta ponen al descubierto que la cibernética no es entendida de forma unívoca. De hecho, matemáticos e ingenieros, no aceptan el término *cibernética*, y prefieren hablar de la teoría de la información o de la teoría de la realimentación y el control (Sayré, 1969, pág. 15). Lo cierto es que la cibernética se ha ido gestando de la interfecundación de cinco disciplinas como mínimo: el control automático, las matemáticas, la lógica, la biología y la teoría de la comunicación (Sapárina, 1972, pág. 9). Por ello, es frecuente encontrar bibliografía con el título genérico de "Cibernética", cuyos contenidos son completamente diferentes.

Para nuestros propósitos, entendemos aceptable la interpretación original dada por Wiener, por cuanto presenta la suficiente generalidad como para incluir a cualquiera de las disciplinas anteriormente mencionadas, y por la razón de que especifica el objeto de estudio - control y comunicación en el animal y la máquina-, y no el procedimiento a seguir. Quizás una definición en la línea de la anterior, pero que destaca, a nuestro juicio acertadamente el aspecto de la

autorregulación sea la formulada por Boulanger (1968, citado por Monserrat Steve, 1985, pág. 18), según la cual, la cibernética es la ciencia que tiene por objeto "el estudio de los sistemas -vivos y no vivos- que pueden calificarse de autogobernados, por oposición a los mecanismos llamados *automáticos*, en el sentido ordinario de la palabra".

El interés fundamental de la cibernética reside en su capacidad explicativa del comportamiento animal y humano. Wiener ya se percató, desde el principio, de la semejanza entre mecanismos autorregulados y el sistema nervioso. Circunstancia que le permitió, junto al neurofisiólogo Arturo Rosenblueth, abordar, desde la perspectiva cibernética, ciertas alteraciones neurológicas. Posteriormente, los hechos demostraron que esta analogía podría extenderse eficazmente a otras áreas, tales como la biología, ecología, economía o historia, por citar algunas. En general, podemos afirmar que la cibernética ha sido especialmente fructífera en la comprensión de todo aquello que conforma el entorno de la vida, bien sea ella misma (biología), o en todas aquellas manifestaciones por las que, de una u otra forma, se expresa, a través del animal o el hombre (etología, psicología, economía ...etc).

Estos hechos revisten especial relevancia, por cuanto nos liberan de la necesidad de recurrir al incomprensible lenguaje esotérico, que hasta recientemente ha impregnado todo intento de explicación de los fenómenos vitales, y sitúa a los mismos dentro del plano de la lógica y la racionalidad. De esta forma, por ejemplo, los mecanismos autorregulados pueden dar cuenta, de manera satisfactoria, de lo que, en otro orden de ideas, se ha denominado conducta propositiva o intencional, sin necesidad de recurrir a mentes, espíritus, impulsos vitales o cosas por el estilo, que interactúan con la materia animada.

Si determinados mecanismos se autorregulan de la misma manera que

lo hacen los organismos, es razonable suponer que ello es debido a los mismos principios físicos. Por esta razón, y en la medida que la cibernética pretende encontrar principios explicativos generales, pasa por alto la distinción entre sistemas vivos y no vivos. Esta es una cuestión en extremo importante, ya que permite ofrecer un vocabulario único y un único conjunto de conceptos adecuados para representar las más diversos tipos de sistemas (Ashby, 1956, pág. 15). Todo ello aboga en favor de la unidad y la simplicidad de la ciencia.

En definitiva, los modelos explicativos desarrollados por la cibernética respecto del comportamiento de los sistemas vivos -y de los fenómenos que derivan de ello-, han contribuido de manera significativa al desarrollo de la dinámica de sistemas. Sin temor a equivocarnos, podemos afirmar que, por el momento, la cibernética ha proporcionado a la dinámica de sistemas, sus mejores herramientas conceptuales. En los próximos apartados tendremos ocasión de comentar más detalladamente aquellos elementos de esta disciplina, tales como realimentación, control, información ..etc, que configuran una parte importante del cuerpo teórico que constituye la dinámica de sistemas.

### **2.2.3. La teoría general de sistemas**

Es difícil de expresar de una forma precisa el papel de la teoría general de sistemas (T.G.S.) en la dinámica de sistemas. Como la cibernética, ha aportado a esta disciplina algunos elementos conceptuales importantes. En una primera aproximación, podemos afirmar junto a Aracil (1977, pág. 18), que el influjo tanto de la cibernética como de la T.G.S. sobre la dinámica de sistemas, depende, en un primer momento, de las características personales de sus respectivos

precursores. Wiener, matemático, supo imprimir a la cibernética un carácter eminentemente concreto y formalizado. Por otro lado, Bertalanffy, a quien podemos atribuir la paternidad de la T.G.S. era biólogo, y quizás dotado de una formación menos rigurosa, pero más universalista. Por esta razón, Bertalanffy supo dotar a la T.G.S. de un carácter de gran generalidad y fundamentalmente especulativo. En este sentido, podemos considerar que la cibernética aportó a la dinámica de sistemas su estructura formal, mientras que la T.G.S. constituye su marco teórico general.

La idea básica que inspira toda la obra de Bertalanffy, es que no es posible comprender el comportamiento de un sistema a través del estudio exclusivo e independiente de sus elementos constituyentes. Es necesario, además, conocer cómo éstos se relacionan entre sí.

Para comprender mejor el proceso del desarrollo de la T.G.S., hemos de situarnos en el contexto histórico del que surgió. Como el propio Bertalanffy (1973, pág. 92) expone, a principios de siglo la biología se debatía entre el mecanicismo y el vitalismo. El mecanicismo entendía que los organismos no eran más que un agregado de células, y que el estudio independiente de las mismas era suficiente para comprender su funcionamiento global. Por el contrario, el vitalismo era consciente de las limitaciones del mecanicismo para explicar los procesos orgánicos, que exigen coordinación de unas partes con otras, pero incapaz de ofrecer explicaciones científicas alternativas, recurrió, como es frecuente, al esoterismo. De esta forma, las células del organismo eran impregnadas de espíritus vitales, que dotaban a éstas de las intenciones y propósitos necesarios para llevar a cabo su complejo y extraordinario comportamiento.

En estas circunstancias, Bertalanffy se planteó la necesidad de ofrecer una respuesta coherente, inspirada en principios científicos. Y nada más sencillo que entender los organismos -valga la redundancia- como cosas organizadas, e investigar la razón y cómo lo hacen.

Para aquel entonces, la ciencia disponía, aunque de una forma un tanto deshilvanada, de un cierto bagaje de conocimientos, tales como la cibernética, teoría de la información, teoría de los juegos, teoría de la decisión y análisis factorial (Bertalanffy, 1973, pág. 94). Para ello, este autor propuso una nueva forma de abordar la realidad, o dicho en términos más científicos, propuso un nuevo paradigma, en el sentido dado por Kuhn. Tal paradigma o paradigma de sistemas pretendía ser la herramienta eficaz que hiciera frente a la *complejidad*, circunstancia con la que se presentaba los acontecimientos al hombre del siglo XX.

Hasta entonces, el éxito de la ciencia había sido debido a la aplicación del enfoque analítico reduccionista. Tal como proponía Descartes en su Discurso del Método, la labor científica consistía en fragmentar todo problema en tantos elementos simples y separados como posible. Igualmente, Galileo, propuso su método resolutivo, merced al cual todo fenómeno complejo ha de estudiarse reduciéndolo a sus partes y procesos fundamentales.

Este método proporciona excelentes resultados para fenómenos compuestos por pocas variables, o en el caso de ser numerosas, cuando el comportamiento de unas respecto a otras fuera independiente, o en todo caso, dependiendo de un pequeño número de ellas. O bien -y lo que es peor- ignorando el posible efecto interacción. De esta forma se estudiaba el comportamiento de los gases perfectos, considerando que sus moléculas estaban tan diseminadas que la probabilidad de colisión de unas con otras era prácticamente nula, o que el rayo de luz no era afectado por ningún otro rayo, o bien, que el efecto de una carga eléctrica sobre otra no era afectado por una tercera (Ashby, 1972, pág. 97).

Pero, a partir de un cierto momento, este método dejó de ofrecer los resultados que de él se esperaban. En biología, Fisher demostraba que conocer el efecto, por un lado, de terrenos fertilizados con

fosfatos, y, por el otro, de terrenos fertilizados con abonos nitrogenados, no proporcionaba información suficiente para saber qué ocurriría si un determinado terreno se fertilizaba con ambos abonos simultáneamente (Ashby, op. cit., pág. 97). Hubo de desarrollarse técnicas basadas en el análisis de la varianza que permitieran el estudio de la *interacción*. En psicología, la Gestalt reaccionaba contra la denominada psicología atomista, y demostraba que las impresiones sensoriales no se formaban agregándose los distintos estímulos unos a otros, sino que éstos se percibían como un todo (Katz, 1945). En sociología hacía falta algo más que conocer a los individuos en sí para saber cómo se comportaban en un grupo social. Incluso en física nuclear, el átomo, con sus numerosas partículas, empezaba a comportarse, en términos de Whitehead, como un pequeño organismo (Bertalanffy, 1972, pág. 33).

Por otro lado, los acontecimientos mundiales que se desarrollaron, especialmente a partir de la segunda guerra mundial, mostraron un mundo cada vez más complejo en el que la interdependencia de unas naciones con otras era cada vez mayor, y en el que planteamientos bélicos, políticos, económicos, tecnológicos o sociales se encontraron fuertemente entrelazados. Las decisiones particularistas ya no eran válidas. Era necesario plantear los problemas desde una perspectiva global que permitiera contemplar las implicaciones, en todos los órdenes, de aquellas decisiones puntuales.

Por estas razones, y en estas circunstancias, se desarrolló la teoría general de sistemas, cuyo postulado fundamental expresa que la realidad no es posible comprenderla fragmentándola en sus componentes elementales, sino que es, precisamente, la forma en que unas partes interactúan con otras -organización-, lo que da cuenta de cualquier fenómeno, y que tal organización imprime una cierta coherencia a dichas partes, que hace que se presenten configurando totalidades organizadas, o en términos de esta teoría, constituyen *sistemas*.



La T.G.S. entiende que los principios de organización son los mismos en distintas esferas de la realidad, al menos aspira a que así sea. Considera que existe un cierto isomorfismo estructural entre los distintos tipos de sistemas, sean éstos biológicos, sociales, económicos o psicológicos. De esta forma, su propósito es descubrir las tramas comunes existentes en los distintos sistemas. Se pretende una visión integral del fenómeno universal (Colom, 1979, pág. 26). Su intención es encontrar un lenguaje común válido para diferentes disciplinas.

En este orden de cosas, Eddington (1958) distingue entre leyes primarias y leyes secundarias. Las primeras se refieren al comportamiento de las partículas individuales. Las leyes secundarias, por el contrario, tienen su aplicación en conjunto de átomos o moléculas. El paradigma de sistemas se plantea el estudio de la realidad como organización. En este sentido, se maneja a nivel de leyes secundarias, y aunque reconoce leyes a otros niveles, no se interesa, por el momento, en ellas. Por tal razón, entiende que las distintas disciplinas pueden ser estudiadas merced a un enfoque común, en la medida que el interés se centra, no en los distintos elementos que componen los sistemas, sino en la forma de organizarse.

La noción de sistema destaca que cualquier hecho aislado no se agota en sí mismo, sino que está situado en un contexto del que emerge, y al que configura, a su vez. Esta circunstancia está impregnando al hombre moderno de una nueva mentalidad (esperemos), que podríamos definir como de solidaridad con su entorno, que estimamos extraordinariamente positiva, y que muestra que entre el ser humano y su medio no hay solución de continuidad (Pániker, 1982, pág. 287). El ser humano se encuentra inserto en un medio que es él mismo. Ya no se trata de *dominar* la naturaleza, entendido en su más amplio sentido, sino de ser *coherente* con ella. Nos encontramos con la conciencia *ecológica* del hombre actual, que no es más que la consideración de sí mismo desde una perspectiva global. De esta forma,

comprobamos cómo la noción de sistema constituye un paradigma eficaz en la comprensión del hombre y su relación con su entorno.

No obstante, si hemos de hacer una valoración general de la T.G.S., habremos de destacar sus aciertos y sus despropósitos. En nuestra opinión, en dicha disciplina hay, por el momento, más promesas que realidades. La noción de sistema, y la necesidad de enfoques globales, que permitan conocer la interdependencia de unos fenómenos con otros, nos parece de vital importancia. La cuestión de cómo se organizan los sistemas y las supuestas leyes isomórficas que dan cuenta de la estructura de los diferentes tipos de sistemas - biológicos, sociales, económicos, psicológicos ...etc-, nos parece un tema extraordinariamente sugerente, pero falto aún de la suficiente evidencia empírica. Por ello, en el estado actual de las cosas, no parece ser que el término "teoría general de sistemas" sea el más adecuado, ya que no existe ninguna teoría desarrollada al respecto. A lo más, un esbozo de teoría, y de hecho, tan sólo es un movimiento científico que reúne a especialistas de diferentes ramas y que no presentan acuerdo entre ellos mismos (Cotarelo, 1978, pág. 16).

Por otro lado, haremos algunas reflexiones en relación a la supuesta contraposición existente entre el enfoque sistémico -global- que propone la T.G.S., y el enfoque analítico reduccionista, clásico de las ciencias físicas. Ambos enfoques son más complementarios que contrapuestos (Rosnay, 1975, pág. 97). Casi todo lo que de bueno tiene la ciencia actual ha sido debido a la capacidad del hombre de escudriñar en los fenómenos hasta sus últimos detalles, y encontrar, de esta forma, relaciones, hasta entonces, insospechadas. Precisamente, a esto se debe la diferencia entre los niveles logrados por la ciencia occidental y la alcanzada por otras culturas. Tengamos en cuenta, por otro lado, que nada puede ser sintetizado que previamente no haya sido analizado. Sólo puede haber integración cuando se reconocen elementos distintos. No puede haber integración en la homogeneidad. Y la integración es más fructífera cuanto más diferenciadas

estén las partes.

En los últimos siglos el ser humano ha sabido ir escrutando en los confines más recónditos de la materia. Ha sabido aproximarse lo suficiente como para llegar a distinguir sus contornos y vericuetos, y se ha provisto del material que se lo permitiera, tal como el microscopio y el telescopio. Frente al conocimiento sincrético del hombre antiguo, que no era más que un defecto de percepción, consecuencia de su visión desenfocada y difusa de la realidad, se opone el conocimiento pormenorizado y preciso del hombre actual. Lo que ahora nos falta es saber cómo recomponer este gigantesco rompecabezas. Y la síntesis lograda será muy distinta que la de antaño.

#### **2.2.4. Teoría de las catástrofes**

La teoría de las catástrofes constituye una de las más modernas aportaciones de la matemática a la ciencia. Dicha teoría se ha desarrollado a lo largo de los años 70 por el matemático francés René Thom. Tal como está planteada, se fundamenta en una rama de la matemática -la topología- que trata de las propiedades de las superficies multidimensionales. En síntesis, la teoría de las catástrofes pretende dar cuenta -a través de determinadas representaciones geométricas- de las discontinuidades de la naturaleza.

Efectivamente, la teoría de las catástrofes parte de la evidencia de que no todo en la naturaleza obedece a cambios continuos. El agua no se va enfriando poco a poco conforme disminuye su temperatura; para ciertos puntos -cero grados- cambia su estructura de líquido a sólido. Esto es una discontinuidad. En biología tenemos múltiples ejemplos, quizás el más interesante se refiera al desarrollo del

embrión. Las diferentes etapas se suceden a través de múltiples cambios discontinuos: las células se subdividen, y a su vez, se van formando órganos diferenciados: nervios, músculos y huesos. Lo mismo puede decirse, a nivel psicológico, en relación a los distintos estadios que se van sucediendo en el desarrollo del niño (y del adulto, y del anciano). En economía, la inflación se dispara y sume al país en la más absoluta ruina. En historia, se observan crisis, guerras, revoluciones y destrucción de civilizaciones enteras que se presentan de súbito. Y en psicología, las personas entran en depresión o presentan un brote esquizofrénico sin causa aparente.

El término *catástrofe* sugiere connotaciones tremendistas. No siempre es así. Catástrofe, en sentido matemático, es tanto caer en depresión como salir de ella; es tanto pasar de la vigilia al sueño, como del sueño a la vigilia; y tanto sumirse en una guerra como iniciar la paz. Hay catástrofe allí donde hay consecuencias discontinuas a factores de cambio continuo.

Las matemáticas -diríamos, clásicas- desarrolladas a partir de Newton, y en especial, el cálculo diferencial, son válidas para analizar cambios suaves y continuos (Montes, 1978, pág. 13), pero no dispone de los instrumentos conceptuales adecuados para hacer frente a la discontinuidad y al cambio brusco. Y la discontinuidad, en la naturaleza, es tanto la excepción como la regla. Así pues, es un aspecto que ha sido descuidado, y al que comienza a darse la importancia que le corresponde.

Discontinuidad significa que las cosas no evolucionan hacia más o hacia menos, sino que también evolucionan hacia formas distintas. Discontinuidad implica que en la naturaleza no se dan sólo cambios cuantitativos sino también cualitativos, y que precisamente, lo más importante es encontrar explicaciones para los cambios cualitativos. La historia de la evolución es la historia del cambio cualitativo; de cómo la naturaleza va adoptando diversas formas hasta alcanzar los

homínidos. Y la historia de la humanidad o la historia particular de cada ser humano es misma historia. Nada se consigue a base de cantidad para comprender cómo, a partir de la materia inicial, surgieron los primeros microorganismos, o cómo se desarrollaron las primeras culturas, o qué proceso sigue el niño en la adquisición del lenguaje. No en vano, hay quien considera la cantidad como un subapartado de la calidad. Si de alguna manera es de *información* de lo que tratamos cuando manejamos cantidades, es *cambio de forma*, en su sentido etimológico, lo que realmente ocurre. En términos expresado por Bernhard Bavink (citado por Montes, 1978, pág. 24-25), en una referencia a la biología, insta a "poner en segundo lugar el concepto de cantidad mensurable y contable, y el concepto básico biológico de forma o *gestalt*, el primero". Otro tanto podría sugerirse a la psicología.

Hay catástrofe cuando a cambios continuos en unas variables se producen consecuencias discontinuas en otras variables relacionadas con las primeras. Las variables que cambian de forma progresiva se denominan *variables de control* o *parámetros*. Aquellas otras en las que se produce la discontinuidad se denominan *variables de estado*. De esta forma, catástrofe significa discontinuidad en las variables de estado frente a cambios continuos en la variable de control. Un diagrama simple, que expresa catástrofe cuando existe una única variable de control es el siguiente:

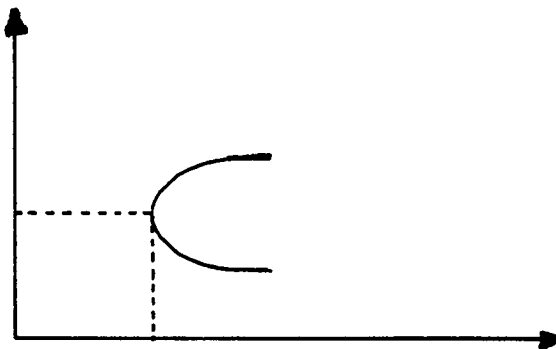


Figura 2.1

En una ecuación del tipo  $x^2 = (a-a_0)x$ , se observa que para valores de  $a > a_0$ , la variable  $x$  puede adoptar indistintamente dos valores. En estas circunstancias, por ejemplo, para un valor de  $a=a_1$ , la variable  $X$  puede fluctuar de  $X_1$  a  $X_2$ . Esto es una catástrofe (también una bifurcación). En nuestro modelo de depresión veremos cómo haciendo depender la depresión -variable de estado-, de la ansiedad -variable de control-, en la proximidad de determinados valores de la ansiedad, pequeñísimos cambios harán que el sujeto tienda a un punto de estabilidad -equilibrio estable- o bien se suma en la depresión.

La variable de estado puede depender de dos o más variables de control. Cuando hay dos variables de control, podemos representar una catástrofe en el espacio de tres dimensiones (dos dimensiones para la variable de control, y una para la variable de estado). Cuando se trata de más variables, aunque no se pueda representar, el tratamiento matemático es perfectamente aplicable.

Un modelo clásico de catástrofes para tres dimensiones ha sido expuesto por Zeeman (1977) referente a la conducta de agresión en perros (ver figura 2.2). Según este modelo la conducta agresiva -eje de las  $X$ - se hace depender de dos factores de control: temor y cólera -ejes  $Y$  y  $Z$ , respectivamente-. El conjunto de puntos posibles para los distintos valores de temor y cólera quedan reflejados en lo que se denomina *superficie de control*. A su vez, para cualquier punto de la superficie de control corresponde un punto a una determinada altura -conducta-. De esta forma, tenemos una superficie de control y una superficie de conducta. Esta última nos indica qué hará el perro en cada momento, y queda reflejada en el gráfico como el área rayada (y punteada, la superficie de control). De acuerdo con este gráfico hay tres tipos de conducta: atacar, huir o neutralidad. Para la mayor parte de los puntos de la superficie de control sólo hay un punto en la superficie de conducta, bien sea de ataque o de huida.

Pero en ciertos puntos hay un doblez -imaginémosnos una sábana plegada-, donde se producirá la catástrofe. Los márgenes del pliegue se denominan *curva de doblez*, y su proyección sobre la superficie de control es el espacio entre las rectas A y B. En esta región es donde se produce la catástrofe. Para situaciones de claro temor o cólera hay sólo una superficie de conducta -espacio exterior a la región limitada por A y B-. Pero un perro temeroso encolerizado puede pasar bruscamente de la lámina inferior a la superior -catástrofe de ataque-. Y un perro, claramente encolerizado -lámina superior- puede deslizarse hasta pegar el salto y caer en la lámina inferior, donde emprenderá la huida -catástrofe de huida-. Hay una zona delimitada por la recta C, sumamente inestable, en la que el animal no se decide ni a atacar ni a huir, y que podría llamarse de neutralidad.

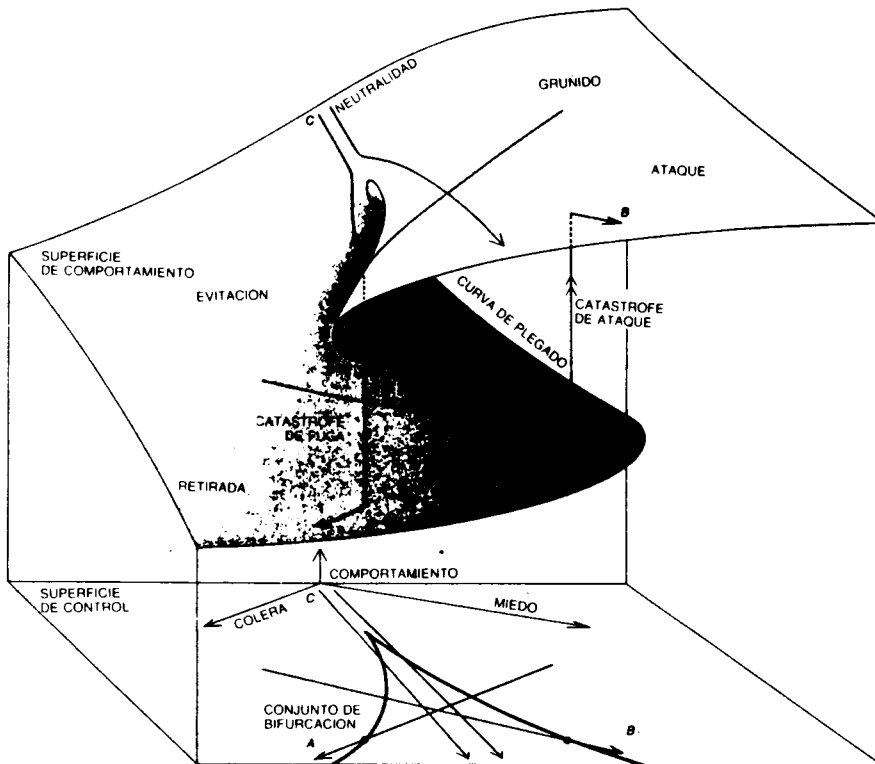


Figura 2.2

Del análisis de estos hecho puede deducirse que existen tres puntos de equilibrio a los que tiende el animal: dos de ellos son estables -huída y ataque-, y un tercero es inestable. Una buena analogía que permite hacernos una idea clara de la naturaleza de los equilibrios es imaginarnos una pequeña esfera sobre una superficie como la siguiente:

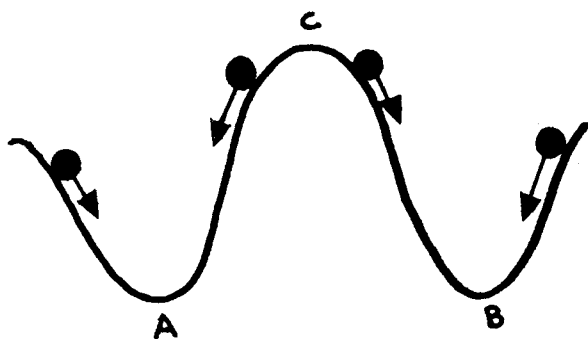


Figura 2.3

Hay tres puntos en los cuales la esfera puede mantenerse en equilibrio: A, B y C. A -ataque- y B -huída- son equilibrios estables, ya que pequeños desplazamientos a partir de tales posiciones los hará retornar al lugar de origen. El punto C, por el contrario, es inestable; la más mínima alteración, y la pelota se dirige a A o B. Es, justamente, la recta de la doblez. Los entornos de A y B constituyen las *cuencas de atracción*, y tales valores, puntos de equilibrio estable o bien *atractores*. El punto C es un punto de equilibrio inestable o también *repulsor*. Digamos, de paso, aunque es una cuestión a tratar extensamente más adelante, que el sistema se encuentra regido, en todo momento, por la función de *potencial mínimo* o principio de mínima energía, merced al cual tenderá al lugar más *fácil*, ésto es, de menor costo energético. Esta es la



razón que explica por qué la esfera irá a la cuenca, proceso que puede generalizarse a todos los sistemas de la naturaleza, y que nos será especialmente útil en la comprensión del comportamiento humano.

### 2.2.5. Estructuras disipativas de Prigogine

La teoría de las estructuras disipativas de Prigogine constituye, junto a la teoría de las catástrofes de Thom, una de las innovaciones más sobresalientes que ha venido a enriquecer la metodología de la dinámica de sistemas. Ambas teorías, aunque parten de contextos diferentes (teoría de catástrofes, de la matemática, y teoría de las estructuras disipativas, de la física-química), están estrechamente vinculadas, y puede considerarse como enfoques complementarios de un mismo tipo de fenómenos en los que lo cualitativo es lo fundamental (Aracil, 1983, pág. 296). Como se ha indicado, Thom recurre a modelos de estructuras espacio temporales que ofrezcan una imagen del fenómeno, mientras que Prigogine expone la dinámica del proceso en términos físico-químicos. En este sentido, podemos afirmar que Thom se maneja a un nivel descriptivo, y Prigogine, a un nivel más explicativo.

Básicamente, el propósito primordial de Prigogine, y alrededor de este tema gira toda su obra, es el de dar cuenta de cómo se generan los procesos de autoorganización en la materia. El término *autoorganización* tiene especial relevancia pues sugiere, no solamente que se pretenden abordar cambios cualitativos -organización- en la materia, sino que además, la dinámica del cambio no procede del exterior sino que se origina espontáneamente en ella misma. Es evidente que nos encontramos con un tema de gran interés, que ha sido punto de controversias durante siglos entre físicos, filósofos, y hasta teólogos.

Para comprender la teoría de las estructuras disipativas hemos de situarnos en el terreno de la termodinámica de los procesos irreversibles. Tal disciplina estudiaba en sus orígenes, a mediados del siglo XIX, el flujo del calor en los distintos cuerpos. Por aquel entonces, exactamente en el año 1847, Joule determina la conservación de algo, que más tarde sería denominado como energía, a través de diferentes transformaciones físico-químicas: calor, luz, electricidad ...etc, y halla las equivalencias entre todas ellas. De esta forma, la energía es una entidad tal, que sufra las transformaciones que sufra, al final permanece constante en su esencia. Nada se pierde. Esto es importante, porque indica que la energía que tenemos en nuestras manos, hagamos las manipulaciones que hagamos nunca se nos escapará. Si elevamos un cuerpo a una determinada altura, la energía perdida en el ascenso se recuperará simplemente dejándolo caer. Si un motor mueve una turbina, la electricidad generada por tal turbina debería reproducir el movimiento del motor. Hay pequeñas pérdidas en rozamientos y calor, pero en *teoría* serían transformables en trabajo.

Pero este sueño dorado iría a desvanecerse en el año 1865 con Clausius. Los hechos demostraron que en todo trabajo una parte del mismo se transformaba en calor, y este calor era absolutamente irreparable para un mismo trabajo. Se trataba de una definitiva *pérdida* que ponía al descubierto dos cuestiones: a) la energía útil existente en el universo, necesariamente irá disminuyendo hasta desaparecer por completo, y b) como consecuencia de lo anterior, todos los procesos naturales son irreversibles.

Hemos indicado intencionalmente, energía *util* ya que la energía transformada en calor sigue siendo energía. Lo que ocurre es que el calor imprime a las moléculas un movimiento desordenado, en todas las direcciones -homogéneo, diríamos, globalmente considerado-, que impide canalizarlo en trabajo provechoso. De esta forma, no es la

cantidad de energía lo que disminuye en el universo, -y así lo explica Clausius en su primer principio de la termodinámica-, sino la calidad -segundo principio-; la energía va degradándose de forma irrecuperable. Esta facultad de degradación es lo que Clausius denomina *entropía*. De esta manera, el segundo principio establece de forma contundente que la entropía del universo va en constante aumento, hasta llegar a un máximo donde el universo perecerá por muerte térmica.

La entropía nos indica, en su vertiente de irreversibilidad, que los acontecimientos sólo pueden ir en una dirección: del pasado al futuro, pero no a la inversa. Ya no es posible invertir los procesos. El tiempo no es un parámetro ajeno a la materia, como ocurriría en la mecánica clásica, en la que simplemente cambiando  $t$  por  $-t$  o  $v$  por  $-v$  en la ecuación de movimiento de los cuerpos era posible reconstruir el pasado del sistema. La entropía expresa que las cosas acaban en nada, y a partir de esa *nada* carecemos de información para saber lo que pasó. El tiempo ya no es un parámetro sino que constituye la misma esencia de la materia. La entropía nos introduce la noción de *flecha del tiempo* que nos muestra que los acontecimientos se desarrollan inevitablemente hacia estados de equilibrio, de homogeneidad térmica.

Aunque se trata de un aspecto que desarrollaremos extensamente más adelante, digamos, por el momento que entropía implica pérdida de información. Significa perder la huella que nos permita desandar el camino. Esta circunstancia contrasta radicalmente con la mecánica clásica postulada por Newton, donde nunca se pierde nada. En consecuencia tampoco se gana nada. Todos los elementos del universo no hacen más que transmitir un dinamismo, lo que lleva, si somos coherentes, a un universo esencialmente pasivo, y que debe, por tanto su movimiento a una fuerza ajena a él, lo que nos coloca en la situación paradójica de reconocer en el universo algo que no es él mismo. Como indica Prigogine (1979), para la mecánica clásica *todo estaba*

*dado* desde principio hasta fin. En esta línea, reconoceremos como una de las aportaciones más lúcidas del mecanicismo, lo expresado por Laplace, por el que conocida, en cualquier momento, la posición de todas las partículas del universo junto con sus velocidades correspondientes, es posible predecir todo su futuro y todo su pasado. Que hiciera falta un diablillo, que dispusiera de toda esta información es lo de menos. Esencialmente, Laplace era coherente con las premisas del mecanicismo. Pero un universo en el que todo estaba dado en un instante, pasado y futuro, es un universo aburrido, insípido, en el que todo no es más que una redundancia de sí mismo. Un universo de *transmisión* como el que postula el mecanicismo necesariamente es determinista: todo es consecuencia de algo, y ese algo necesariamente impulsará a alguna otra cosa.

La termodinámica de los procesos irreversibles acabó con el determinismo en su doble faceta: a) los acontecimientos acaban en nada, la información se pierde -entropía-, y b) los acontecimientos pueden aparecer espontáneamente, la imprevisibilidad del azar hace aparecer lo no esperado, o si se quiere, emerge información de donde no la había.

Lo que estamos comentando, si no fuera porque la física dispone de datos para corroborarlo, parecería un contrasentido que ataca frontalmente el principio genético de que nada surge de la nada ni nada acaba en nada. O dicho en términos más sencillos: de donde no hay no se saca, ni nada se esfuma así como así, excepción hecha de la magia. Esta forma de argumentar es absolutamente razonable sobre la premisa de que el universo está formado por cosas materiales. Pero un universo al estilo del que nos proponen Bertrand Russell, Whitehead, Wittgenstein, por citar algunos, constituídos por hechos o acontecimientos, no necesita de este tipo de consideraciones. De la misma manera que el modelo de un universo constituido por cosas exige la existencia del vacío como trans fondo que permita destacarlas -sin contraste no hay información posible-, un universo integrado por

acontecimientos ha de ser esencialmente *discreto*; es decir, la ocurrencia de algo exige el vacío de la no-ocurrencia para que éste sea reconocido. Cuando el tiempo no es un parámetro ajeno a la realidad, sino que es consustancial con ella -proceso-, necesitamos igual que en el modelo del universo lleno de cosas, un vacío de transfondo, pero un vacío en el transfondo temporal de los hechos (no-ocurrencia).

Efectivamente, si existe evidencia empírica -principio de entropía- de que la información se pierde inexorablemente, de que estados diferenciados pueden acabar en una total homogeneidad, igualmente se disponen de datos experimentales que demuestran el proceso inverso: que de la homogeneidad puede aparecer estados diferenciados -estructuras-, que de donde hay ausencia de información puede aparecer información. En una palabra, existen experiencias que a continuación comentaremos, que indican que pueden suceder acontecimientos de manera espontánea.

Describiremos dos casos. El primero de ellos se denomina en el mundo científico como *inestabilidad de Bénard*, y puede encontrarse en Haken (1981, pág. 29) y en Prigogine (1979, pág. 144). Este fenómeno se produce al calentar uniformemente, por su parte inferior, un recipiente que contenga líquido. Lejos de observarse un movimiento desordenado de las moléculas, por efecto del calor, éstas alcanzan, tras un período de fluctuaciones aleatorias, un alto nivel de organización. Tal como muestra la figura 2.4 comienzan a aparecer de forma espontánea células de convección por donde circula el agua, según un determinado ritmo. Se comprueba cómo se ha llegado a una situación de mayor complejidad de la que se partió.

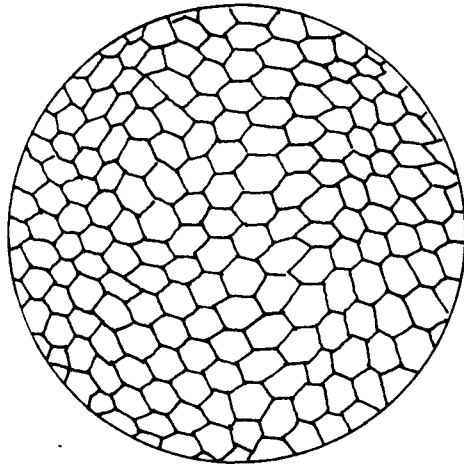
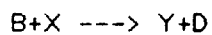
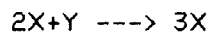


Figura 2.4

El otro fenómeno ha sido desarrollado por la escuela de Bruselas. Básicamente se trata de la emergencia de una estructura organizada en el seno de una reacción química, denominada de *autocatálisis*. Este tipo de reacciones se produce cuando los productos de una reacción sirven de catalizadores en esa misma reacción. La situación es la siguiente: tengamos, por un lado, los productos X, A y E, y por otro Y, B y D. Se da la circunstancia que X -sintetizado a partir de A, y descompuesto para dar E-, está conectado con el producto Y, de forma tal que X es a su vez, producido a partir de Y. Las reacciones correspondientes son:



Y el gráfico que las refleja:

A	B
X	Y
E	D

Figura 2.5

Supongamos, ahora, que estudiamos el comportamiento del sistema para distintas concentraciones de B, que es una de las sustancias de control. La reacción se completará, y el sistema entrará en equilibrio cuando los flujos de X e Y desaparezcan; es decir, cuando  $dx/dt=dy/dt=0$ . Esto ocurre para todo un conjunto de valores de B, pero cuando las concentraciones de este elemento superan un determinado umbral, el sistema se hace inestable y las concentraciones de A y de B empiezan a oscilar de forma regular. Se produce lo que se denomina *un reloj químico*.

Prigogine utiliza un ejemplo clarificador que ilustra lo anteriormente expuesto. Supongamos que tenemos una caja con dos compartimentos separados por una pared. En la parte de la derecha se encuentran moléculas rojas y en el de la izquierda, azules. Si retiramos la pared que separa ambos tipos de moléculas, cabrá esperar que éstas se fueran mezclando hasta que el conjunto parezca violeta. Pero no ocurre así, sino que el conjunto de moléculas del recipiente tornan su color de rojo a azul de forma regular.

Si retornamos, de nuevo, al Brusselador y consideramos el diagrama

de bifurcaciones correspondiente (equivalente al ya expuesto, de catástrofes), donde se reflejan la evolución de la concentración de X en función de la concentración de la sustancia B, que aquí denominaremos como el parámetro de control  $\lambda$

#### Figura 2.6

Como puede observarse, a partir de un determinado valor del parámetro de control  $\lambda_0$ , se produce una bifurcación. El sistema deberá elegir entre A y B. ¿Cual de los dos?. No hay ningún criterio previo que permita determinarlo. Es una cuestión de azar de la misma índole que lanzar una moneda al aire. Pero una vez elegida una de las opciones, el sistema alcanzará cualquiera de sus puntos terminales A o B, correspondientes a dos tipos distintos de concentraciones de la sustancia X.

Es nuestra intención, llegados a este punto, de exponer las características más relevantes de la teoría de estructuras disipativas de Prigogine, así como de su alcance, no solamente en el mundo de la física sino también en otros ámbitos como la biología y la psicología.



El Bruxelador, como la inestabilidad de Bérnard, necesita para poder funcionar estar en contacto con el exterior. En el Bruselador se introduce de forma progresiva, desde el exterior, la mencionada sustancia B, y en la inestabilidad de Bérnard, se introduce calor. Se trata de sistemas que intercambian materia y energía con el entorno. Son sistemas abiertos. Esta es, justamente, la circunstancia que permite que no sufran un proceso de degradación continua, tal como establece el principio de la entropía, y que sucede en sistemas cerrados. Por tal razón se denominan estructuras disipativas, porque mantienen su organización gracias a la sustracción de energía del entorno.

Las estructuras disipativas sólo son posibles en sistemas cuyo comportamiento dinámico sea no-lineal. Linealidad implica que los flujos que marcan la dinámica del sistema guardan una relación lineal o proporcional con los parámetros que los producen. En tal circunstancia, la ecuación del sistema corresponderá a una única solución predecible -un único estado de equilibrio- y no se contemplarán bifurcaciones. La no linealidad, como tendremos ocasión de comprobar, es típica cuando se encuentran implicados bucles de realimentación.

Los cambios estructurales suceden en sistemas alejados del equilibrio. Un sistema está alejado del equilibrio cuando la más mínima perturbación lo altera, lo hace inestable. Este aspecto es en extremo importante pues "en condiciones muy alejadas del equilibrio, la materia empieza a ser capaz de percibir diferencias en el mundo externo (tales como débiles campos gravitatorios o eléctricos) que nunca hubiesen podido percibir en el equilibrio. Podemos decir que la materia en equilibrio está ciega" (Prigogine, 1979, pág. 23). La inestabilidad de un sistema guarda relación con su capacidad de captar información -sensibilidad-, y por tanto, de modificar su estructura. Ya veremos, más adelante, cómo estos conceptos son de una gran fecundidad en la comprensión de los procesos de cambio en los distintos tipos de sistemas.

Otra cuestión a destacar hace referencia a la especial interacción que se contempla en este tipo de sistemas, entre fenómenos estocásticos y deterministas. Recuérdese cómo tales sistemas, en los puntos de bifurcación, presentan una gran inestabilidad. De hecho, es una cuestión de azar elegir una de las dos ramas, pero una vez elegida, la dinámica del sistema se desarrollará indefectiblemente hacia un determinado punto. Se trata de una combinación de fluctuaciones aleatorias y leyes deterministas (Prigogine, 1979, pág. 165). Se obtiene así una cabal expresión de lo que Monod llamaba azar y necesidad. Las leyes deterministas no permiten generar una variedad de la que se carece. De ello se encarga el azar a través de las mutaciones aleatorias. Pero una vez establecidas tales mutaciones, el resto del proceso no hace más que seguir la dinámica establecida. Prigogine explica este tipo de procesos en los siguientes términos. Supongamos un sistema compuesto por un conjunto de elementos (puede ser un compuesto químico, un grupo social o incluso, un conjunto de *pautas de comportamiento*). Eventos espontáneos de elementos específicos del sistema, darán lugar a ciertas fluctuaciones. Estas fluctuaciones, digamos locales, pueden ser amortiguadas, o bien por un efecto de realimentación positiva, irse expandiendo al resto del sistema. Esto ocurre a partir de un umbral denominado de *nucleación* que indica el punto crítico, que de ser alcanzado, arrastrará todo el sistema con él, hacia un determinado proceso. Encontramos así una cabal expresión de lo que son los procesos microscópicos -estocásticos-, y macroscópicos -deterministas-. Las partículas aisladas son impredecibles, pero como conjunto, las distintas interacciones entre ellas, las configura como procesos con pautas determinadas. Recuérdese, en este sentido cómo en estadística, variables que originalmente son esencialmente aleatorias, cuando se opera con un conjunto de ellas configuran leyes de probabilidad muy específicas, tales como una normal, una poisson ..etc. Tal razón es debida, aunque no es momento ahora para extendernos en estas consideraciones, en que las fluctuaciones de tal conjunto dependen del valor  $1/n$ , valores

que para un tamaño suficiente de  $n$  son prácticamente insignificantes, dando, con ello, la impresión de que el sistema se comporta de forma determinista.

En esta línea, de azar y necesidad, se contempla como tales tipos de sistemas pueden presentar múltiples bifurcaciones -*bifurcaciones en cascada*-. En tales circunstancias, la historia del sistema se convierte en una sucesión de azares y necesidades -de comportamiento aleatorio y determinista-. Todos tenemos la impresión, y Prigogine (1979), así lo sugiere, que los acontecimientos sociales y nuestras vidas particulares siguen trayectorias parecidas a éstas. La historia sigue su curso según ciertas leyes sociales y económicas, pero siempre habrá alguien, un visionario, un loco o un asesino que, espontáneamente, la hará cambiar de curso, y la proyectará hacia una determinada cuenca de atracción.

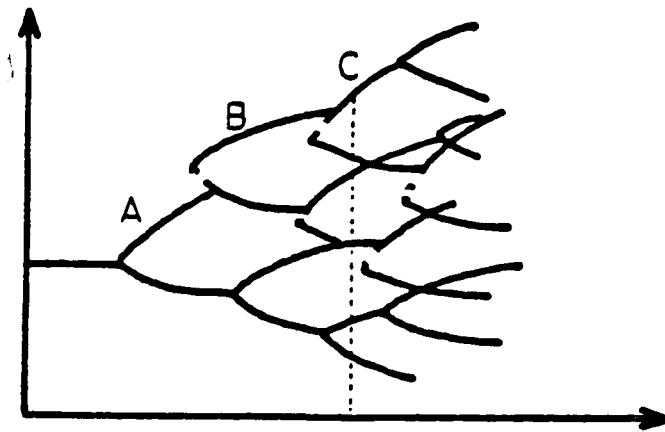


Figura 2.7

Digamos para finalizar, y a modo de resumen, que la teoría de Prigogine es de una extraordinaria fecundidad para la ciencia. La termodinámica de los procesos irreversibles de sistemas alejados del

equilibrio ha echado por tierra la vieja concepción de la mecánica clásica de un mundo cerrado y determinista, por aquella otra visión de un universo abierto y espontáneo -de azar y de riesgo, pero plétórico de posibilidades-. Nos ha mostrado que en la materia se esconde el gérmen de la autoorganización, y con ello, se abren las puertas a la comprensión de una vida que se explica a sí misma, lejos de un universo autómata o/y teledirigido.

### 2.3.- CONCEPTOS DE DINAMICA DE SISTEMAS

En las páginas que anteceden ha sido nuestro propósito situar al lector, desde una perspectiva histórica, en el contexto de lo que podemos denominar enfoque *sistémico* o *macroscópico*. Confiamos en haber ofrecido información, de una manera natural, de la lógica de los acontecimientos que ha llevado a la ciencia, -respecto al tema que nos interesa-, hasta el momento actual. Nuestra visión ha sido intencionalmente genérica. Muchos conceptos han sido obviados. Otros, de referencia obligada, tal como sistema, información o realimentación, lo han sido con un mínimo de contenido explicativo.

En las próximas páginas pretendemos desarrollar los conceptos básicos asociados al enfoque sistémico, y que, de una u otra forma, están presentes en la dinámica de sistemas. Estos conceptos serán tratados algo más extensamente, primeramente, en su contexto original de la física, para ampliarlos, posteriormente, a la biología, -organismos-, y a la psicología, en la medida en que el ser humano puede ser considerado un organismo, y por tanto, participar, de ciertos principios comunes de organización.

Es materia obligada, ya que del enfoque sistémico estamos tratando, empezar por definir qué es un sistema. A ello nos dedicaremos seguidamente.

### 2.3.1.- La noción de sistema

Quizás el término *sistema* sea el más utilizado en este trabajo. Las referencias a dicho término han sido continuas, y esperamos haber ofrecido, hasta el momento, una imagen intuitiva del mismo. En el apartado 2.2.3 se destacó el papel de los sistemas en la ciencia y se expusieron algunas de sus características más significativas. Es ahora, nuestra intención, profundizar en estas ideas y hacer una exposición formal del concepto de sistema.

La manera más sencilla que se nos ocurre, en una primera aproximación, de definir sistema, es la de considerar a éste como una entidad cuya característica fundamental es la de estar formado por un conjunto de elementos en interacción mutua (Aracil, 1986, pág. 96). Estos elementos pueden ser objetos, como los que integran un coche; pueden ser sujetos, como en una familia; o pueden ser conceptos como en el caso de un determinado idioma. Igualmente, un sistema puede estructurarse simultáneamente de objetos, sujetos y conceptos, tal como ocurre en el sistema hombre-máquina (Van Gigch, 1978, pág. 14).

Por otro lado, un sistema puede estar formado por una serie de subsistemas. Estos, a su vez, por otros subsistemas, y así sucesivamente, hasta los últimos elementos que podamos percibir. Igualmente, el sistema que estemos estudiando será un subsistema de otro sistema de mayor rango. De esta forma, el universo parece hecho de un conjunto de cajas conteniendo otro conjunto de cajas, como las muñecas rusas (Margalef, 1980, pág. 6). El sistema de los sistemas será el universo, como tal conjunto. Y el sistema de menor rango estará marcado por los límites de nuestra percepción, actualmente, las partículas elementales.

De hecho, a cualquier nivel que nos situemos, nos encontraremos siempre con un sistema de subsistemas. Esto significa que lo que

normalmente se denominan como *elementos* no son más que nombres o etiquetas que se colocan a otros subsistemas. Por ninguna parte observamos elementos como entidades sustanciales, ni siquiera, -como demuestra la Física-, en las supuestas partículas elementales, ya que sabemos de algo por sus propiedades, y las propiedades no son más que nombres para describir comportamientos.

Este punto, que estamos comentando, tiene su importancia, pues como dice Wiener (1948, pág. 96): "no somos materia que perdura sino pautas que se perpetúan", que enlaza con la concepción que tenemos de la realidad, y que ya hemos expresado en algún otro lugar: la realidad como proceso. El universo se entiende, así, como una inmensa organización que contiene otras organizaciones. Su dinámica es comparable a la programación estructurada de los modernos lenguajes de ordenador, en los que los programas están compuestos por una serie de *palabras*, que, a su vez, no son más que otros subprogramas. De esta forma, desde el programa principal, una palabra es tan sólo un *elemento* de dicho programa, pero si nos introducimos en tal palabra, nos encontraremos con un *proceso*. Las cosas son cosas desde una perspectiva externa, -etiqueta-, pero son procesos desde una perspectiva interna.

Por otro lado, esta concepción del mundo como organización de organizaciones, permite, -como lo hace la programación estructurada-, lograr, para un cierto sistema, el máximo de eficacia con el mínimo de esfuerzo. Permite que los sistemas hagan frente a una cierta complejidad estructural a partir de unos módulos relativamente simples. Ya se verá más adelante, a efecto de control y estabilidad en los sistemas, la importancia de la organización jerárquica. Baste, por el momento, destacarlo.

### 2.3.1.1.- Componentes de un sistema

Hemos indicado que un sistema está compuesto por una serie de elementos, -atribuyendo a *elemento* el sentido ya indicado-, y que entre ellos existe una interacción mutua. La figura 2.8 tomada de Aracil (1986, pág. 101), puede servir de ilustración.

Figura 2.8

Los elementos que componen el sistema vienen delimitados por la línea discontinua. Este conjunto lo integran los elementos A, B, C y D. Tal conjunto se define como *composición* del sistema y se expresa como  $C = (A,B,C,D)$ . La relación entre las variable se indica con una línea orientada tal como "---->". El grafo  $A \text{--->} B$ , por ejemplo, refleja una relación de influencia de A a B, ó más explícitamente, quiere decir que el comportamiento de A afecta al comportamiento de B.

Por otra parte, algunos elementos influyen en el sistema sin ser influídos por él, -como E-, o bien son influídos sin llegar a influir, -como F-. Estos elementos conforman el entorno del sistema, y se expresa como  $E = (E,F)$ . De esta forma, podemos definir como entorno del sistema al conjunto de todos los elementos cuyo comportamiento



afecta o es afectado por el sistema, pero no ambas cosas simultáneamente. Y éste va a ser el criterio que nos va a permitir distinguir cuando un elemento pertenece al sistema o a su entorno: si influye y es influido por los elementos del sistema, pertenece al mismo; si sólo influye o es influido, pertenece al entorno (Aracil, 1986, pág. 104).

El conjunto de las relaciones entre los elementos que integran el sistema se denomina *estructura* del sistema, y se designa por S. Conviene resaltar que esta estructura es algo más que la disposición de los elementos en el espacio tridimensional. Fundamentalmente tiene carácter dinámico. Como hemos indicado, las relaciones están expresadas en términos de comportamiento. Y aunque éste ocurre en algún lugar, cuando se dice que A ---> B, se entiende que A ejerce alguna acción sobre B, y por tanto, que A y B están encadenados en el tiempo. Por ello, cuando se habla de estructura de un sistema debe entenderse *estructura espacio-temporal*, o como indica Miller (1965) ha de incluirse el término *proceso*, que hace referencia a observaciones diacrónicas, ya que el sentido normal del término *estructura* hace pensar en un corte transversal del sistema, y por tanto, de disposiciones estáticas. El término *estructura espacio-temporal* nos resulta satisfactorio, aunque el otro término también usado, de *organización* nos parece el más correcto, por cuanto lleva implícito simultáneamente aspectos espaciales y temporales. Un sistema es así, una organización que persiste en el tiempo y en el espacio.

Un sistema es, como diría Wiener, una pauta que se perpetúa. En la naturaleza, en determinadas circunstancias, se producen circularidades entre ciertos eventos. La ocurrencia de A afectará a B, que, a su vez, lo hará en C, que, a su vez, lo hará, de nuevo, en A. Esto significa que la acción que se produjo en A retornó a A. Se cerró un círculo. Cuando ocurre esto, nos encontramos con una *pauta que se perpetúa*, y que es fácilmente reconocible de un entorno de acciones

que se diluyen. Por ello, nos gustaría invertir los términos, e indicar que no se define un sistema como un conjunto de elementos en interacción mutua, como si fuera algo que los sistemas debieran cumplir, -y que uno no sabe exactamente por qué-, sino que allí donde los acontecimientos van de forma circular se configuran sistemas.

Así pues, sintetizando lo expuesto en este apartado, en un sistema distinguiremos tres componentes fundamentales: composición del sistema, -C-, entorno del sistema, -E-, y estructura del mismo, -S-. De esta forma, definiremos sistema, de acuerdo con Bunge (1979), (citado por Aracil, 1986, pág. 105), como un objeto complejo en el que se puede asociar una terna de tales componentes (C,E,S).

#### 2.3.1.2.- Sistemas abiertos y cerrados

Acabamos de indicar que es la circularidad una de las características más relevantes de los sistemas, lo que hace, que en cierto sentido, constituyan entidades cerradas sobre sí mismas. "Un sistema tiende a converger o encerrarse sobre sí mismo" (Margalef, 1980, pág. 5).

Clásicamente, según el grado de clausura que presenten los sistemas, suelen clasificarse en cerrados o abiertos. Los sistemas cerrados son aquellos que se encuentran aislados del medio, y que, por tanto, no reciben ninguna influencia de éste. Los sistemas abiertos, por el contrario, se caracterizan porque intercambian materia y energía con el medio (Bertalanffy, 1968, pág. 39).

La condición para que un sistema sea cerrado es que carezca de entorno, es decir, que el conjunto E, definido anteriormente, sea vacío (Aracil, op. cit., pág. 104). Por ello, en sentido estricto, no

puede afirmarse que sistema cerrado sea todo aquel que está aislado del medio, ya que si existe medio, no quedará aislado. Es evidente que *dentro* del universo es imposible encontrar un sistema verdaderamente cerrado. El resto del universo sería su entorno. Es difícil imaginar un límite, en tanto dicho límite sea *algo* que aisle un sistema del entorno, en el sentido de que todo lo que separa necesariamente tendrá también que unir, de la misma manera que la piel es tanto lo que nos separa del mundo como lo que nos permite contactar con él. Si hemos de ser rigurosos convendremos en que el único sistema que realmente carece de entorno es el universo en su conjunto. Pero tal tipo de sistemas no entra en nuestros propósitos inmediatos.

No obstante, aunque, en teoría, no puede decirse con absoluta propiedad que existan los sistemas cerrados, sí puede afirmarse que ciertos tipos de sistemas se comportan a efectos prácticos como si lo fueran. La física y la química nos proporcionan numerosos ejemplos de ello. El comportamiento de una reacción química puede explicarse perfectamente en base a su dinámica interna, y aunque el medio pueda ejercer algún tipo de influencia, no es algo que llame especialmente la atención por su importancia.

Por el contrario, existen otros tipos de sistemas, tales como los organismos, en los cuales es fácil observar cómo la relación con el medio es fundamental para su supervivencia. Son sistemas, podemos decir, *volcados* al medio, con el que es necesario una continua transacción de materia y energía, que se manifiesta en aspectos tales como alimentación, reproducción, competencia.. etc. Se trata de los prototipos más característicos, aunque no únicos, de los sistemas abiertos.

La distinción entre sistemas abiertos y cerrados ha sido consecuencia del desarrollo sufrido por la termodinámica, desde la denominada termodinámica clásica, fiel a su segundo principio, y que sólo

consideraba sistemas cerrados, hasta aquella otra más reciente y denominada de los procesos irreversibles, que manteniéndose aún a su segundo principio, contempla, no obstante, procesos locales de entropía negativa (Bertalanffy, 1966, pág. 102).

Efectivamente, Clausius mostró de manera tajante que en cualquier proceso hay disipación de energía, y que la tendencia natural de la materia es hacia un estado de mayor homogeneidad y desorganización, - o como indicó Boltzmann, de mayor probabilidad-. Sin embargo, la presencia de vida en la tierra, muestra que , de alguna manera, ha ocurrido lo contrario, que de una cierta homogeneidad inicial, se ha pasado hacia estados más diferenciados, de mayor organización, o menor probabilidad. Admitiendo el segundo principio de la termodinámica como un principio general válido, esto sólo es posible considerando la existencia de sistemas locales que compensan su propia entropía robando energía del medio. Tales sistemas son denominados, por esta razón, por Prigogine, como *estructuras disipativas*. De esta forma, la variación  $dS$  de entropía en un sistema abierto, es según este autor (Prigogine, 1983, pág. 230):

$$dS = deS + diS \quad (2.1)$$

Donde  $deS$  es la variación o cambio de entropía debida al intercambio con el exterior, y  $diS$  es la entropía producida por el sistema. El término  $diS$  es siempre positivo, consecuencia de los procesos irreversibles en el interior del sistema. El término  $deS$  puede ser positivo o negativo, según la naturaleza del intercambio.

Cuando un sistema está cerrado, no existe intercambio con el exterior, por lo que  $deS=0$ , y de esta forma,  $dS=diS$ . Como en el interior necesariamente habrá procesos irreversibles, entonces,  $dS>0$ . Lo que muestra que la entropía de un sistema cerrado sólo puede

aumentar. Por el contrario, cuando el sistema es abierto, la importación de energía del exterior puede compensar los gastos acaecidos en el interior. Tal circunstancia sucede cuando  $d_e S > -d_i S$ . Si  $d_e S < -d_i S$ , nos encontramos con una estructura disipativa, del tipo, por ejemplo, de los organismos.

No obstante, queremos indicar que la existencia de sistemas abiertos, como estructuras disipativas, son condición necesaria, pero no suficiente, para explicar los procesos de diferenciación y estructuración presentes en los sistemas vivos. Es necesario, además, que tales sistemas sean susceptibles de ser informados. Un automóvil es un sistema abierto que necesita energía para su mantenimiento, -disipa energía-, y sin embargo, nadie ha visto que el motor de un automóvil evolucione por sí mismo hacia formas más complejas. Esto es debido a que el automóvil es una máquina determinista, y en tal tipo de máquinas, la ganancia de información, -como veremos más adelante-, necesariamente ha de valer cero. La información es una medida de la probabilidad, y por tanto, sólo es posible lograrse en sistemas que contemplen en su interior procesos estocásticos.

### 2.3.1.3.- Propiedades de los sistemas

Llegados a este punto, confiamos en haber ofrecido una imagen más o menos clara del concepto de sistema. No obstante, nos interesaría completarla comentando algunas de las propiedades que clásicamente se adscriben a los sistemas. Estas propiedades son: a) Totalidad, b) Emergencia, y c) Equifinalidad.

a) Totalidad

Una de las afirmaciones que más frecuentemente se escuchan, en relación a los sistemas es que éstos se comportan como un todo. Con ello se da a entender que cualquier alteración en cualquiera de los elementos del sistema dará lugar a que dicho sistema reaccione globalmente, como tal conjunto. Tal fenómeno no es más que una consecuencia lógica, que deriva de la misma naturaleza de los sistemas; es decir, del hecho de que se trata de conjuntos de elementos en interacción mutua.

Efectivamente, el concepto de totalidad queda cabalmente explicado, si entendemos los sistemas como cadenas circulares de acontecimientos. En este sentido, cuando es alterado cualquier eslabón de la cadena, se altera el consecutivo, luego el siguiente, y así sucesivamente, hasta que se cierra el círculo, y la acción retorna al eslabón inicial. De esta forma, la alteración en cualquier eslabón afecta a toda la cadena.

b) Emergencia

Una propiedad de un sistema se dice emergente si, poseyéndola el propio sistema, no la poseen sus partes (Aracil, op. cit. pág. 105). La noción de emergencia es de lo más fecundo en la ciencia. Permite explicar propiedades presentes en los sistemas, que no están en sus elementos constituyentes, sin necesidad de recurrir a entidades externas, y por tanto, ajenas al propio sistema, tales como flúidos vitales, espíritus o cosas por el estilo.

El fenómeno de la emergencia da la impresión de estar revestido de un halo mágico, por cuanto parece inexplicable que aparezca algo allí donde no está. Todo depende, en nuestra opinión, de lo

que se entienda por *propiedad* de algo. Si se plantea la realidad como sustancias y las propiedades de las cosas como cualidades intrínsecas a ellas mismas, es difícil imaginar que cuando se de un conjunto de cosas, las cualidades que aparezcan sean otras, distintas a las que derivan de la misma esencia de esas cosas.

Por el contrario, si se entiende la *propiedad* de algo como su forma de comportarse en determinadas circunstancias, es lógico suponer que su comportamiento cambie cuando cambien las circunstancias. Así pues, cuando se afirma que *emergen* propiedades nuevas, lo único que se está diciendo es que ha cambiado su forma de comportarse. No se olvide, por otro lado, que el comportamiento de un sistema está definido en términos de organización, y deriva, por tanto, de la forma de relacionarse unos elementos con otros, y no de lo que constituyan a éstos. Según sea la organización de un sistema así serán sus propiedades.

### c) Equifinalidad

Se entiende por equifinalidad a la tendencia que presenta un sistema hacia un determinado final, a partir de diferentes estados iniciales y por diferentes caminos (Bertalanffy, 1968, pág. 46). La biología nos ofrece, al respecto, ejemplos reveladores. Organismos tales como la planaria o las estrellas de mar pueden ser troceados, y a partir de los distintos pedazos, reconstruirse individuos completos. Se llega a un mismo final a partir de posiciones diferentes.

La equifinalidad no es privativa exclusivamente de los sistemas vivos. Máquinas tales como el termostato, llevará la habitación a la temperatura deseada, independientemente de la temperatura inicial. Un misil autodirigido alcanzará el blanco desde cualquier posición en la que se lance. En general, podemos afirmar que

cualquier sistema autorregulado, sea vivo o no, alcanzará un estado final característico a partir de cualquier estado inicial.

El hecho de que existan mecanismos autorregulados ha puesto al descubierto que no es necesario, en absoluto, ni *intenciones*, ni *propósitos*, por parte de los sistemas, para alcanzar un determinado estado, tal como algunos autores han querido indicar. La equifinalidad, o mejor, la tendencia de los sistemas hacia un cierto estado-, sólo muestra que las cosas siguen el camino que les lleva a su estado de equilibrio, de la misma manera que una pelota rodará ladera abajo hasta alcanzar el valle. Pero afirmar que el propósito de tal pelota es alcanzar la cuenca es introducir un antropomorfismo insostenible. Las cosas no actúan ni con propósitos ni como si los tuvieran. Simplemente tienden a su punto de equilibrio por la sencilla razón de que no pueden mantenerse en desequilibrio, y mientras se encuentren en tal situación, la resultante de las fuerzas que actúan en el sistema lo llevará en la dirección que marca el desequilibrio. Los *propósitos* sólo existen en organismos dotados de un sistema nervioso altamente organizado (Bunge, 1980, pág. 166). De hecho, no son más que conducta aprendida, y no reflejan otra cosa que memoria del pasado que se repite cuando las circunstancias son parecidas. El resto de la naturaleza es intencional sólo en la medida en que les prestemos la mente de un ser superior que la guía continuamente. Pero, por el momento, las cosas se explican satisfactoriamente sin tal recurso.

Por otro lado, el hecho de que los sistemas tiendan hacia ciertos estados de equilibrio, independientemente de las condiciones iniciales, muestra que, desde cualquier posición, es posible llegar a buen puerto. Esta circunstancia tiene su interés, -ya lo veremos en Psicología-, por cuanto rompe el esquema de la mecánica clásica, merced a la cual los acontecimientos actuales son el punto final de un *único* y largo camino de concatenaciones, en



cuyo extremo se encuentran las causas originales, y en los que sólo retrotrayéndose hasta ese extremo es posible modificar la situación actual.

Por el contrario, la teoría de sistemas, inspirada en la termodinámica y en la cibernética, nos muestra un mundo de interacciones dinámicas, donde las condiciones iniciales tienen una importancia relativa, y donde el esfuerzo para modificar la situación actual hay que ponerlo, -no en la reconstrucción del pasado-, sino justamente en lo que le *falta* al sistema para lograr su estado de equilibrio. Ya se verá más adelante cómo la incidencia del pasado sólo existe en cuanto memoria del sistema, pero no como el punto terminal de una serie de concatenaciones, y que la labor de hacer adaptativo al sistema se limitará a modificar los contenidos de memoria, y no a determinar cuándo y cómo se produjeron ciertas impresiones.

### 2.3.2. Bucles de realimentación

Uno de los aspectos de los sistemas que ha sido mencionado, es del hecho de tratarse de procesos circulares. Es nuestra intención, en este apartado, de profundizar en la comprensión de los mecanismos que dan lugar a tales tipos de fenómenos.

Podemos imaginarnos, en un principio, un sistema como una entidad que presenta entradas y salidas. Las entradas marcan la influencia del entorno sobre el sistema, y las salidas, la acción del sistema sobre el entorno, tal como se refleja en la figura 2.9.

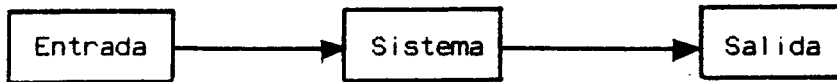


Figura 2.9

Pero, en realidad, el dinamismo de entrada no se pierde totalmente en la salida, sino que parte de las acciones retornan al sistema. Esta circunstancia, -circularidad de eventos-, es justamente lo que caracteriza a los sistemas, como pautas permanentes, frente a lo cambiante del entorno. Al proceso que da lugar a que parte de los resultados de la acción revierta sobre el sistema se denomina *realimentación*. La figura 2.9 sería, más correctamente de esta otra forma:

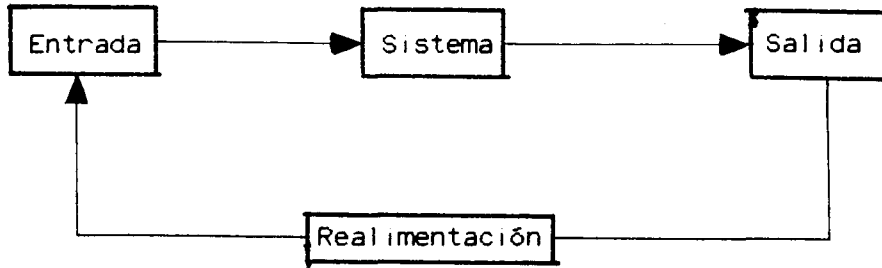


Figura 2.10

Un típico ejemplo de sistema, extraordinariamente simple, es el termostato. Tal dispositivo, como se sabe, permite regular la temperatura de una habitación. Básicamente, el mecanismo consiste en generar una cantidad de calor proporcional a la discrepancia existente entre la temperatura alcanzada y la que se toma como punto de referencia. Esto se logra reintroduciendo como información de entrada, -para la regulación del calor-, el valor de tal discrepancia. Como se trata de un proceso continuo, la reintroducción de información, que da lugar a la producción de calor, ha de ser, igualmente, continuo. Se entiende, pues, que cuando se habla de realimentación, se refiere a la realimentación de información. La figura 2.11 nos muestra este proceso.

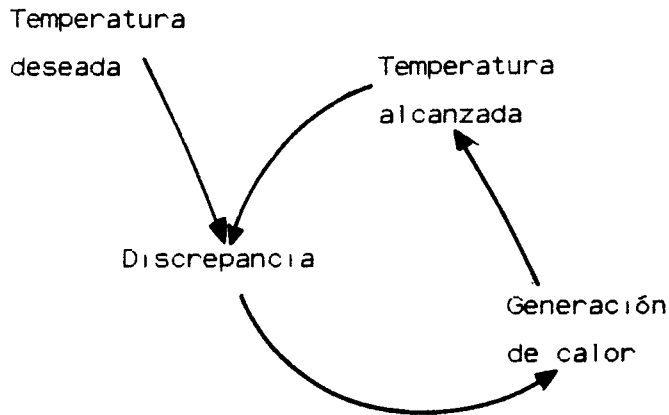


Figura 2.11

Supongamos que inicialmente, -instante  $t(0)$ -, la habitación se encuentra a una determinada temperatura. De la comparación con la temperatura deseada, obtendremos un valor que llamaremos *discrepancia*. Dicho valor ejerce una cierta influencia en la generación de calor, en el sentido de que cuanto mayor sea mayor será la intensidad de la producción de calor. En el instante  $t(1)$ , la temperatura estará más cerca de la deseada, la discrepancia será menor, y la acción de la producción de calor, será, también, menor. Esto coloca las cosas en el instante  $t(2)$ , de forma tal que el ciclo se repite de manera parecida. La evolución de la temperatura, en el supuesto de que la temperatura inicial sea menor que la deseada, a lo largo del tiempo, vendría reflejada en la siguiente figura:

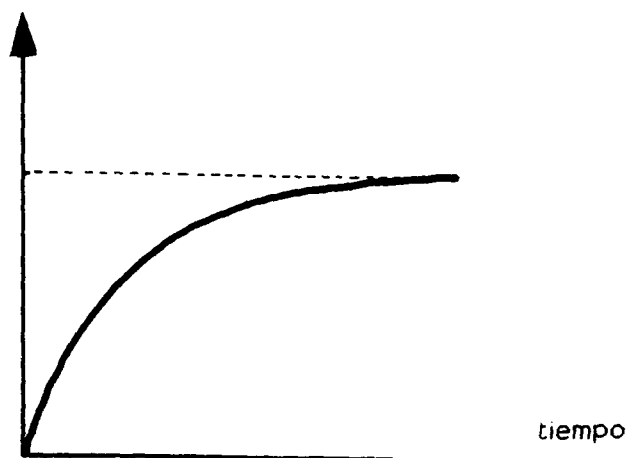


Figura 2.12

Tal figura muestra la tendencia de la temperatura a estabilizarse en un valor. Se dice, entonces que el comportamiento del sistema es convergente en un punto. Los sistemas caracterizados por este tipo de comportamiento, -convergente-, presentan lo que se ha denominado *realimentación negativa*. El término *negativo* indica, que en el proceso circular, una variación hacia **más** en alguna de las variables, conlleva una variación hacia **menos** en alguna de las restantes. En el caso que nos atañe, un incremento de la temperatura, dará lugar a una disminución en la generación del calor. En el conjunto del bucle, unas variables compensarán a otras, y el resultado total será de equilibrio. Lo que se expresa colocando, en el centro del bucle, un signo **menos**, tal como aparece en la figura 2.11. Conviene matizar que cuando en tal tipo de procesos circulares intervienen numerosas variables, para que el bucle, globalmente sea *negativo*, todas las variables han de estar *compensadas*. Basta que sólo una no lo esté, para que globalmente el bucle se descompense, y se precipite en *realimentación positiva*, como veremos a continuación.

Efectivamente, este tipo de realimentación, -que se expresa con un signo **más** en el centro del bucle-, cabe distinguirlo del mencionado de realimentación negativa. Tal tipo de proceso se caracteriza porque el **más** arrastra al **más**; es decir, un incremento en alguna de las variables del bucle arrastra todo el sistema hacia arriba, bien porque las restantes variables queden igualmente potenciadas por ésta, o porque, como acabamos de indicar, a pesar de que en el resto de las variables existan compensaciones múltiples, no todas se logran, y en consecuencia queda alguna libre que descompensa el sistema. Un ejemplo ilustrativo de este tipo de sistemas viene reflejado en el siguiente diagrama referente al crecimiento demográfico:

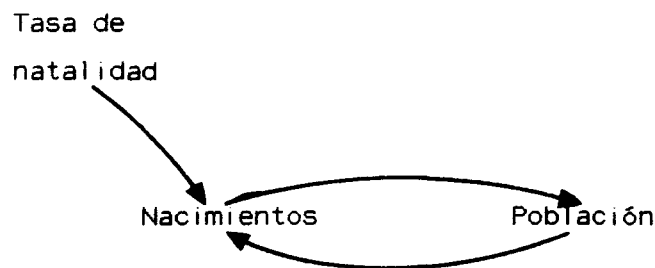


Figura 2.13

Dada una determinada tasa de natalidad, el número de nacimientos será mayor cuanto mayor sea la población. A su vez, cuanto mayor sea el número de nacimientos, mayor será la población. Al final, unas variables potenciarán a otras, y si nos limitamos a una de ellas, -población-, observaremos un gráfico que mostrará una evolución exponencial de dicha variable:

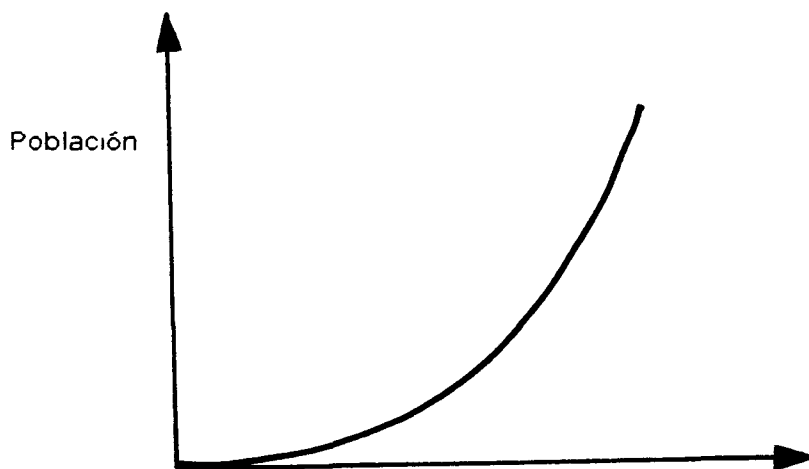


Figura 2.14

En este tipo de sistemas ocurre exactamente lo contrario que en el caso de los sometidos a realimentación negativa. El sistema no tiende a estabilizarse en un valor fijo, sino que se dispara, y va en progresión creciente. Por ello, se dice que la realimentación positiva es desestabilizante, y que los sistemas sometidos a tal tipo de procesos, presentan un comportamiento divergente.

Un sistema dejado exclusivamente en manos de la realimentación positiva, lo llevará necesariamente hacia su destrucción. Un cáncer, una quiebra empresarial o una depresión psicológica son buenos ejemplos de ello. Lo que no es estable no permanece. En estos casos el **más** arrastrará al **más**, y el **menos** al **menos**. Son la esencia del círculo vicioso: cuanto menos dinero se tiene, menos se podrá invertir, y por tanto, menos negocio se hará; cuanto más deprimida esté una persona, más incapaz de hacer cosas, y cuanto más inactiva, más deprimida, a su vez. Al final, si no se pone coto a tales situaciones, la empresa desaparecerá y la persona se suicidará.

No obstante, de ello no debe deducirse que la realimentación positiva en sí sea perjudicial. Sólo lo es cuando, al final, no entra bajo el dominio de alguna realimentación negativa. Pero ha de entenderse que en la realimentación positiva se encuentra la razón de todo crecimiento y todo progreso. En el caso de la empresa arruinada, sólo podrá salir a flote si se reinicia un proceso de realimentación positiva, en sentido contrario al anteriormente habido; obtendrá un cierto capital, con el que podrá invertir, lo que le proporcionará nuevas ganancias para futuras inversiones, y así sucesivamente. La persona deprimida, tendrá que iniciarse, a toda costa, en cualquier actividad, por mínima que sea, lo que le producirá una cierta satisfacción, y le animará a nuevas actividades, con lo que, cada vez, se encontrará mejor, irá haciendo cada vez más cosas, y al final saldrá de la depresión. Algunas actividades, tales como las relaciones sexuales, exigen realimentación positiva para llegar a buen fin, -orgasmo-, (Peterfreund, 1976, pág. 101). Igualmente, la situación de justicia, democracia y bienestar económico logrados en algunos pueblos, no son más que semillas que han germinado en algún punto, y luego, merced a la realimentación positiva, se han ido extendiendo hasta alcanzar a toda la comunidad.

Así pues, se necesita el efecto conjunto de ambos tipos de realimentación. Toda realimentación positiva no puede ser llevada más allá de un cierto punto sin destruir el sistema. Pero conviene que existan, hasta llegar a ese punto en el que se impondrán los mecanismos de realimentación negativa. Al mismo tiempo, la realimentación negativa encuentra su justificación en algo inestable que estabilizar. Ya se verá más adelante que no es posible contemplar, por cuanto debe haber dinamismo, sistemas estables, que sólo subsuman constancias. Todo sistema estable contendrá necesariamente subsistemas inestables. Y en la medida en que los sistemas deben permanecer, -circularidad de acontecimientos-, su actividad será concebida como *ciclos*. Un exámen cuidadoso de la naturaleza sólo nos mostrará ciclos que subsumen a otros ciclos de menor rango.



### 2.3.2.1. Causalidad lineal versus causalidad circular

La noción de realimentación, -acontecimientos que se desarrollan en círculos-, ha mostrado que los efectos se encuentran entrelazados con las causas. Y con ello, se ha removido la noción tradicional de causalidad. La población es efecto y causa de los nacimientos; la acción del termostato que produce una determinada temperatura es, a su vez, condicionada por ésta; y el sujeto que tartamudea porque está ansioso, incrementará su ansiedad a causa del tartamudeo. En tal tipo de fenómenos no es posible distinguir las *auténticas* causas de los *verdaderos* efectos. No se observa otra cosa que cadenas cerradas de acontecimientos. Y la determinación de causas y efectos, depende frecuentemente del eslabón en el que arbitrariamente nos situemos.

Este tipo de procesos han sido definidos, con acierto, con el nombre de ciclo causal o bien de causalidad circular, para distinguirlo de las series lineales y unilaterales, o más comúnmente conocido como de causalidad lineal (Bunge, 1959, pág. 169), que ha sido, hasta muy recientemente, la forma que la ciencia ha tenido de interpretar los fenómenos.

Los mecanismos de realimentación han permitido establecer explicaciones en términos estrictamente científicos de fenómenos para los que la mecánica clásica, de corte causal lineal, no podía dar razón, y que frecuentemente han sido interpretados en términos teleológicos (Aracil, 1986, pág. 90). Un ejemplo de ello lo tenemos en la homeostasis, -mantenimiento de ciertas variables dentro de un rango estrecho de valores-, que parece sugerir que los organismos se comportan como si tuvieran el *propósito* de alcanzar tales estados.

Efectivamente, no es necesario atribuir *intenciones* para conductas que tienden a un determinado fin. La noción tradicional de relación causal, y el sentido común, indican que las causas anteceden a los efectos, o si se quiere, que la dinámica de cualquier comportamiento se desarrolla en un proceso en el cual unos estados determinan los siguientes, pero nunca por un estado futuro inexistente. Los mecanismos de realimentación son consecuentes con esta visión de la causalidad. Es la información del *error*, -de lo que le falta al sistema para lograr un cierto estado prefijado-, lo que condiciona la acción de tal sistema. Observamos, así, una secuencia de estados, en los cuales cada uno de ellos condiciona el siguiente. Conviene insistir en que el *error* es una información que se puede tener en cualquier presente, y que no pertenece a ningún futuro. Por otro lado, la cuestión de por qué los organismos presentan ciertos estados prefijados, -o mejor dicho, patrones-, digamos que es una información que viene impresa en la memoria genética de éstos, y que no ha sido producida intencionalmente, sino que ha sido el resultado final de una larga historia de tanteos ciegos.

En psicología, la noción de causalidad circular ha supuesto un notable avance respecto a los esquemas lineales del conductismo o el psicoanálisis. El ser humano no es un simple elemento reactivo a los estímulos del medio, ni viene rígidamente determinado por causas perdidas en la infancia, como si toda su vida no fuera más que una cadena de transmisión de los momentos iniciales. Muy al contrario, los sujetos son seres autoorganizados, con capacidad de decisión y de transformar sus vidas, que no son víctimas del medio, sino que interactúan provechosamente con él. Como se ha indicado, podemos entender los seres humanos como configurando el sistema sujeto-medio, en el que tanto el sujeto como el medio son elementos intervinientes en un mismo proceso, y en el que no cabe adscribirse unilateralmente la causa, de forma excluyente, a ninguno de ellos. Podemos afirmar, así,

que los sujetos son agentes y pacientes de sus propias circunstancias, aunque, como tendremos ocasión de demostrar, la mayor capacidad de decisión, y por tanto, de acción, corre, en el sistema sujeto-medio, de la parte mejor informada; ésto es, de los sujetos.

### 2.3.2.2. Realimentación y control

Aunque el tema de control será desarrollado *in extenso* más adelante, no queremos dejar, al menos de esbozar las extraordinarias posibilidades de la realimentación a efectos de control, o más sencillamente, a efectos de eficacia en el comportamiento de un sistema.

Vamos a demostrar cómo los mecanismos dotados de *realimentación* son mucho más eficaces que aquellos otros de carácter *automático*. Nos serviremos, para ello, de un ejemplo extraído de la física. Luego veremos sus implicaciones en psicología.

El ejemplo al que nos referimos guarda relación con el funcionamiento de los misiles en la primera y en la segunda guerra mundial. Los misiles de la primera guerra nos permitirán profundizar en las características de las máquinas llamadas *automáticas*. Los de la segunda, en las máquinas dotadas de *realimentación*. Aunque somos conscientes de que el ejemplo es trivial, estimamos, no obstante, que puede ser suficientemente ilustrativo, y que su exposición nos facilitará la comprensión de algunos conceptos que serán desarrollados más adelante.

Las máquinas utilizadas en la primera guerra son el prototipo de artefacto que caracteriza fielmente la filosofía de la mecánica clásica. Los acontecimientos se encuentran encadenados linealmente, de tal manera que el resultado final depende exclusivamente de la

naturaleza del impulso inicial. Y es, en este punto, donde ha de ponerse el máximo empeño. Esto es, ha de preverse todo lo que pueda ocurrir mientras el misil recorre su trayectoria, tal como el posible desplazamiento del blanco, cambios en la dirección del viento... etc.

Por el contrario, los dispositivos de la segunda guerra están inspirados en la cibernética. Aquí las características del impulso inicial son relativamente indiferentes. La dirección del misil es controlada, en todo momento, por el error entre su posición y el blanco, merced al mecanismo de realimentación.

De la comparación de ambas formas de comportamiento podemos extraer algunas conclusiones:

a) Los artefactos automáticos exigen, para poder funcionar con precisión, disponer de antemano de toda la información futura. Para que ello sea posible, es exigible, entre otras condiciones, que los acontecimientos del medio se desarrollen de forma determinista. Además, en el supuesto de que tal circunstancia se cumpliera, si la situación presentara una cierta complejidad, procesar toda la información contenida en ella llevaría tiempo, tiempo que dependería también de la precisión deseada, lo cual podría dar lugar a retrasar la decisión hasta un punto en el que ya no fuera posible tomarse, por haber cambiado las circunstancias, y necesitarse un nuevo procesamiento de la información. Al final, el sistema estará continuamente bloqueado.

Por otro lado, en el supuesto de que el fenómeno presentara componentes aleatorios, todo intento de control por antelación conduciría inevitablemente al fracaso, ya que como tendremos ocasión de demostrar, cuando ocurren tales circunstancias, la información del futuro deja de estar contenida en el pasado. No se trataría ahora de procesar una información compleja, sino de que ésta no existe.

b) Los dispositivos dotados de realimentación no necesitan *a priori* de toda la información contenida en el entorno, por la sencilla razón de que no se toma una única decisión a la que está sometido todo el futuro del sistema, sino que ésta se va tomando, de forma continua, según la información presente, que viene marcada por la diferencia entre el estado del sistema y su objetivo. No es necesario complejos cálculos matemáticos para prever todos los acontecimientos futuros. Todo resulta de una gran simplicidad y eficacia. Al sistema sólo se le exige capacidad para percibir los cambios acaecidos en su entorno y capacidad para responder adecuadamente. Para ambos aspectos, -ya se verá más adelante en profundidad-, se necesita una cierta variedad del sistema, en el sentido sugerido por la teoría de la información, del número de estados posibles que puede adoptar tal sistema y sus probabilidades asociadas, lo que muestra su capacidad de organización. Para percibir los cambios del entorno, y poder ofrecer una respuesta cabal al mismo, necesita disponer en su estructura, al menos de tantos estados posibles como en su entorno, de la misma manera que una placa fotográfica, para reproducir toda la gama de colores del paisaje, necesita reunir en sí, en términos físico-químicos tal variedad. Complejidad estructural conlleva complejidad funcional, y en términos de comportamiento el sistema será adaptativo. Retomando el ejemplo del misil, su habilidad para aproximarse al objetivo, depende, en primer lugar de que lo *capte*, es decir, que su posición corresponda a algún estado *distinto* del sistema, y que además, en términos comportamentales, disponga de mayor variedad que el objetivo, o lo que es lo mismo, una mayor movilidad en cuanto a capacidad de desplazamiento y velocidad. Por otro lado, y ésta es otra de las grandes ventajas respecto a los mecanismos automáticos, es indiferente que haya elementos aleatorios o no. El misil buscará el blanco allá donde vaya, lo haga como lo haga.

Estas consideraciones nos permiten distinguir entre lo que podemos denominar como *control por planificación cuidadosa* y *control por realimentación* (Bellman, 1968, pág. 180). Y constituyen dos actitudes que no se limitan al terreno de la física. En otras áreas, tales como la psicología, pueden ofrecer algunas sugerencias de interés, en el sentido que reflejan dos formas distintas de abordar los problemas. Por ejemplo, en un aspecto tan importante como las relaciones humanas, unos sujetos adoptarán una actitud, y otros, otra. En un caso, se planificará todo de antemano, intentando prever todos los acontecimientos posibles, y organizando, por tanto, la conducta de acuerdo con estos esquemas previos. En el otro, sin olvidarse de los propósitos originales, se intentará interactuar, -feedback-, con los acontecimientos del medio, lo que permitirá ir captando las nuevas informaciones que se produzcan, y lograr así, una conducta adaptativa, flexible y eficaz. En este sentido, podemos afirmar que lo que ha de pretenderse, no es tanto fomentar espíritus meticulosos y precisos como lograr sujetos con buenos reflejos, espontáneos y habilidosos, -en el sentido de que dispongan de un amplio repertorio conductual-.

Ya veremos más adelante, a efectos de control y estabilidad, que la precisión no puede llevarse más allá de un cierto punto sin desestabilizar el sistema. Una gran precisión llevará al sistema a procesar grandes cantidades de información, lo que llevará tiempo y dará lugar a que la respuesta llegue cuando las circunstancias ya hayan cambiado. Además obligará al sistema a unas inversiones energéticas, que deberá sustraer de otras actividades.

Por otro lado, la realimentación, y por tanto, el error, es la condición para que los sistemas ganen en información y muestren, con ello, aprendizaje. No es posible operar sin un cierto error, puesto que es precisamente merced a este error como se obtiene la

información que permite llevar a cabo la corrección (Tustin, 1968, pág. 156). De esta forma, los errores, -y ésto es algo que debemos tener muy en cuenta-, lejos de ser una desgracia, constituyen la condición indispensable de la superación humana. Cualquier planteamiento que rechaze el error como fórmula de adaptación, deberá exigir al sistema información previa total de todo lo que acontece y pueda, en el futuro, acontecer en el entorno. Lo cual obligaría al sistema a tener una inteligencia absoluta, con el agravante de que su información nunca debió ser aprendida, -lo que exigiría errores anteriores-.

De esta forma, los sistemas, y en especial, los sistemas humanos, se configuran, -ganan en información-, en el juego constante de interacciones con el medio, -realimentación-. Las informaciones se incorporan en el sistema en forma de memoria, -su estructura es justamente memoria-. Tendrá experiencia del pasado, y en este sentido, cuando se repitan ciertos acontecimientos sabrá cómo actuar sin necesidad de **feedback**, ya que la información la adquirió en su momento. Utilizará, entonces, mecanismos de anticipación, -**feedbefore**-. Al final, en sistemas dotados de gran memoria, como los humanos, lo más económico es utilizar mecanismos de anticipación para fenómenos conocidos y mecanismos de realimentación para los desconocidos. Esta es una matización que deseamos expresar, y que permitirá una mejor comprensión de lo expuesto. Los sujetos son sistemas de realimentación dotados de gran memoria, lo que significa que no en todo momento impera la realimentación como si estuvieran vacíos interiormente, sino que las realimentaciones, -incorporación de información-, se conjugan con las informaciones ya contenidas, -memoria-, y que ha de sacarse el máximo partido de ambas.

### 2.3.3.- Información

En cierto sentido, todo el espíritu de la presente tesis gira en torno al concepto de información. La información configura los sistemas; la realimentación se entiende como realimentación de información; y en la información reside la clave del control. La eficacia de los esfuerzos radica en la información que contienen. Distinguimos, de esta forma, en todo comportamiento, dos aspectos de vital importancia: a) un aspecto energético, y otro, b) direccional. La energía posibilita la acción, pero el éxito de ésta depende de que sea llevada por cauces correctos. Los cauces que dirigen la energía constituyen la información. Son la estructura del terreno. Pero los cauces, a su vez, necesitan energía para su construcción. Y llegado un determinado límite, energía e información pueden confundirse.

Los planteamientos que se harán en las próximas páginas pueden extrañar al psicólogo, -no tanto al físico o al biólogo-, acostumbrado a temas específicos de psicología cognitiva, tales como percepción, memoria o lenguaje, caracterizados por modelos *ad hoc* sobre la forma en que se desarrollan ciertos procesos cognitivos, descuidando aspectos energéticos y motivaciones (Tous, 1985, pág. 23-24), y ajenos a los fundamentos de la información.

Nuestro propósito será rellenar tal hueco. La idea matriz que desarrollaremos será aquella que hace entender la información como modificación o cambio acaecido en una cierta estructura. Veremos cómo la capacidad de cambio depende de la riqueza estructural de un determinado sistema, -variedad en el sentido de Ashby (1956)-. Distinguiremos entre variedad aleatoria y sistemática, -reflejo de la complejidad no organizada y organizada-, y cómo sólo la segunda contiene información como consecuencia de la restricción de la variedad aleatoria. Tal circunstancia nos dará pie para considerar la información, desde el punto de vista de las matemáticas, como un



capítulo de la teoría de las probabilidades, y adentrarnos, así, en su medición. Posteriormente, expondremos, en sucesivos apartados, las muy estrechas connotaciones existentes entre información y energía; de qué manera información es control; y cómo paradójicamente, la teoría de la información hace infructuoso todo intento de predicción exacta para cualquier sistema abierto. Haremos las oportunas referencias a la psicología cuando ésto sea pertinente, y se harán, igualmente, algunas consideraciones generales de las implicaciones del concepto de información en las ciencias.

### 2.3.3.1.- Información como cambio de estructura

Nos resulta más sugerente el sentido que la etimología concede al término información que el desarrollado según la moderna teoría de la comunicación de Shannon y Weaver. Tal sentido confiere a la noción de información una dimensión más amplia, y además, no contradictoria con dicha teoría de la comunicación.

Informar significa, tal como lo entendía Aristóteles, *dar forma* a un objeto. Las cosas se distinguen entre sí, no por lo que son en sí, sino por la forma que adquieren en contraposición a otras. En este sentido, hay información en todo aquello que presente *forma* o *estructura*. Los glaciares, el suelo erosionado, las ruinas de un templo azteca, o un árbol, son estructuras, y como tales contienen información, mayor información cuanto más riqueza presente su estructura, o en otros términos, que aquí interesan más, cuanto mayor número de elementos distintos puedan reconocerse.

Por otro lado, todo lo que existe lo hace de alguna forma, así que si se *informa* algo existente, hay que entender, no que se le da forma, sino que se *modifica* su forma. Este es el verdadero

sentido de información: modificación o cambio de una cierta estructura. La noción de cambio implica tiempo. Hay pues, un *antes* y un *después*. Y la información viene marcada, en todo intervalo temporal, por la diferencia de forma entre estos dos instantes. Un ejemplo adecuado que refleja cómo la información es modificación de estructura, puede observarse en la configuración interna de los ordenadores. Como se sabe, la memoria de un ordenador está compuesta por una serie de elementos materiales que pueden adoptar dos estados físicos distintos, en términos de potencial eléctrico. Estos puntos de información se denominan *bits (binary digits)*, y de la combinación de éstos se obtienen distintos estados posibles del sistema. La introducción de información es equivalente a la modificación o alteración física de los bits. De hecho, la forma de comprobar el contenido informativo de un ordenador es observando lo que en la jerga informática se denomina *mapa de memoria*, donde vienen indicados los diferentes bits y la situación física en la que se encuentran. La información, o mejor, la ganancia de información, vendrá expresada en la comparación de la configuración del sistema entre dos momentos determinados.

La información de un sistema reposa en su estructura. Aumentar la complejidad de tal estructura equivale a aumentar su contenido informativo. Este parece ser el camino seguido por la evolución, que puede entenderse mejor como una dinámica de enriquecimiento estructural del ecosistema, merced a los procesos de diferenciación biológicas, y no exclusivamente en términos supervivencia del más apto.

### 2.3.3.2.- Organización

Como se ha expuesto en alguna otra parte, los sistemas son entidades cerradas. Los bucles negativos, que en última instancia deben

predominar, en aras de su estabilidad, imprimen a los eventos que configuran el sistema, una cierta convergencia. Para un observador, los sistemas se presentarán como *acotaciones* de eventos en el espacio-tiempo, en el sentido de que lo que hace que se reconozcan del entorno cambiante, es la permanencia que imprime el cierre. Tal *acotación*, consecuencia de las interacciones en el interior del sistema, hace que se conciban los acontecimientos del sistema como menos variables de lo que serían de no configurar tal sistema. Es por ello, que el conjunto de los estados que presenta un sistema es menor que el que habría de no haber interacción (Margalef, 1980, pág. 18). Ha habido, pues, en tales circunstancias, *constricción*. Toda organización es *constricción*, en el sentido de que reduce los *grados de libertad* de un sistema, y lo hace más predecible, esto es, con más contenido informativo.

En general, no solamente los organismos, sino todo lo que puede ser reconocido como *algo*, lo es porque presenta *constricción*, -o restricción-, (Ashby, 1956, pág. 180). Una silla es lo que es porque sus partes no se encuentran dispuestas de cualquier forma, en cualquier momento, sino porque se presentan de una manera fija, durante un cierto tiempo. Si consideramos que los grados de libertad de cualquier objeto en el espacio es de seis, cabe esperar que, en ausencia de restricción, las cuatro patas de la silla se dispongan en 24 grados de libertad. No obstante, en la configuración *silla*, el conjunto de las patas sólo presenta seis grados de libertad, lo que indica que ha habido *constricción*. El universo es lo que es, y no un caos absoluto, gracias a la *constricción*.

Los grados de libertad son un índice de la variedad de un sistema. Hemos indicado que la información tiene que ver con la complejidad o variedad de un sistema. Por otro lado, hemos afirmado que para que haya información debe haber restricción de variedad. Parece como si hubiera contradicción entre ambas afirmaciones. Se ayudará a entender si especificamos que en el primer caso nos hemos referido a

complejidad o variedad *organizada*, y en el segundo, a *no organizada*. En estadística esta distinción es clara, y así se habla de *varianza sistemática* y *varianza aleatoria*. La primera es información, la segunda, ruido. Y el propósito de toda la estadística no es más que extraer información de lo que aparentemente es ruido.

Consideramos de interés la distinción entre complejidad organizada y no-organizada. La complejidad hace referencia a la cantidad de estados que puede adoptar un sistema. Organización, a la forma en que se suceden las transiciones de unos estados a otros. Cuando estas transiciones se realizan según unas pautas determinadas, -orden-, se dice que existe organización, y no-organización o aleatoriedad, en caso contrario.

Por ello, cuando se habla de restricción o constricción ha de entenderse restricción de varianza aleatoria. Entonces hay ganancia de orden y el sistema se hace más eficaz. Un ejemplo de esto nos lo proporciona la máquina de vapor, donde se canaliza, -restringe-, la actividad aleatoria que imprime el calor sobre las partículas de agua. Por el contrario, restricción de variedad en un sistema organizado no hará más que empobrecerlo y limitar sus posibilidades de acción, como cuando se cortan las alas a una paloma o se encarcela a una persona.

Por último, merece destacarse un aspecto que estimamos importante, y que será ampliado en posteriores apartados. La organización de un sistema, -orden en la transición de estados-, es una medida de la información, e interesa que su nivel sea elevado, pero sus valores no deben ser llevados demasiado lejos. Cuando las transiciones se realizan con una probabilidad de 1, el comportamiento del sistema es totalmente determinista, y aunque esto puede tener su interés en ciertos tipos de mecanismos, tales como los de relojería, no es una propiedad recomendable para los organismos, ya que un sistema determinista ha alcanzado ya su tope, y tendrá especiales dificultades

para los cambios estructurales. Lo demostraremos en este mismo capítulo. Tales sistemas carecen de la *plasticidad necesaria*. Por esta razón, en la naturaleza, cuanto mayor es el nivel filogenético de los organismos, el repertorio conductual al nacer es menos rígido, -más informe-. Se dice, entonces, que se depende menos del instinto y más del aprendizaje. Un aprendizaje elevado sólo es posible en sistemas con una gran potencialidad de información, ésto es, en sistemas cuyas probabilidades de transición tengan valores medios. Tal situación la presenta el recién nacido humano frente a otros organismos. A lo largo de la vida de un sujeto, las probabilidades deben incrementarse en aras de una cierta organización personal y social, pero no hasta tal punto de ahogar todo crecimiento posterior. Una cierta dosis de incertidumbre, -azar-, es necesaria para la creatividad y el progreso.

### 2.3.3.3.- Comunicación

Un aspecto de la teoría de la información que merece especial mención es la teoría de la comunicación. Ambas teorías han sido utilizadas indistintamente para una serie de fenómenos, y aunque están fuertemente entrelazadas, no por ello han de ser confundidas. Información hace referencia, de modo general, al proceso mediante el cual los sistemas se *informan*. Comunicación es transmisión de información. Y aunque, frecuentemente, un sistema es informado merced a los contactos con otros sistemas, no siempre ocurre así. Un ejemplo lo tenemos en los procesos, ya mencionados, de autoorganización de las estructuras disipativas de Prigogine. De hecho, los procesos de la vida no se explican suficientemente como pura transmisión de información, sin el recurso de la generación de información.

Hechas estas consideraciones, nos proponemos en las siguientes

líneas indicar algunas de las condiciones que hacen posible la comunicación, y cómo se realiza tal proceso. Un tratamiento más riguroso de algunos aspectos será desarrollado en el próximo apartado que versará de los fundamentos matemáticos de la teoría de la información.

Supongamos dos sistemas. Al primero le llamaremos A, y al segundo B. En términos muy generales, diremos que A recibe información de B cuando ha habido alguna modificación en A como consecuencia de alguna alteración en B. O dicho en otros términos; cuando un cambio de estado en B da lugar a un cambio de estado en A. Si A puede presentar  $N_a$  estados y B,  $N_b$  estados, existe transmisión de información de B a A cuando pueda establecerse algún tipo de correspondencia entre algunos de los elementos de B y A, tal como se ilustra en la siguiente figura.

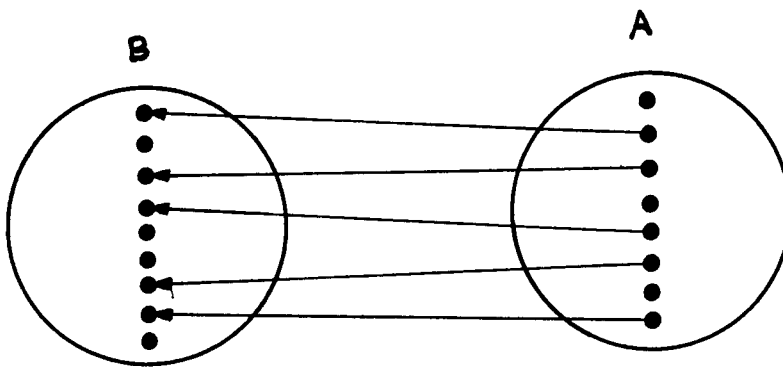


Figura 2.15

Obsérvese que hemos dicho *algunos* y no *todos* ya que lo que se pretende no es que la información sea total, sino tan sólo que se cumplan las condiciones mínimas para que haya algún tipo de transmisión. De hecho, pueden establecerse una serie de condiciones que precise la cantidad de información que B podrá transmitir a A. Todas estas condiciones giran en torno al concepto de variedad, y sin ánimo

de ser exhaustivos, (no mencionaremos el canal de transmisión), podemos indicar las siguientes: a) A y B deben presentar algún tipo de variedad; b) La transmisión de información sólo puede realizarse en términos del sistema de menor variedad; y c) El contenido informativo de un mensaje no es una propiedad intrínseca de dicho mensaje.

a) A y B deben presentar alguna variedad

Aunque admitimos que esta afirmación es trivial, paradójicamente, no ha resultado ser siempre lo evidente que debiera. Nos servirá, además, para recalcar la importancia de la variedad en la información. Lo que se quiere indicar con ello, es que para que se tenga información de algo debe existir algún contraste, alguna diferencia. El universo compacto y homogéneo, propuesto por Parménides, no ofrece información, y por tanto, no puede ser reconocido. Por otro lado, cualquier sujeto de ese supuesto universo jamás podrá ser *informado* de nada, ya que, interiormente, sólo podrá adoptar un único estado.

b) La transmisión de información sólo puede realizarse en términos del sistema de menor variedad.

Si denominamos a I como la cantidad de información transmitida,  $V_a$ , como la variedad de A, y  $V_b$ , como la variedad de B, entonces se cumple que  $I = \min (V_a, V_b)$ .

Efectivamente, si  $N_b < N_a$ , es obvio que el sistema B no podrá transmitir estados de los que carece. Por ejemplo, un altavoz podrá reproducir una gran gama de sonidos, pero si la señal que capta el receptor es mala, el sonido será deficiente. Por otro lado, si  $N_b > N_a$ , entonces a A no le llegará parte de la variedad de B. Por ejemplo, una placa fotográfica que sólo puede adoptar

tonalidades dentro de la gama de los grises, no podrá reproducir la amplia variedad de colores de un paisaje.

En relaciones humanas, este detalle reviste cierta importancia. El flujo de comunicación entre dos personas, -dos variedades-, estará limitado por el de menor variedad. Esta circunstancia indica, entre otras cosas, que, puestos en contacto dos sujetos, el de mayor variedad podrá absorber la información del de menor, pero no al revés. No es difícil encontrar ejemplos que ilustren lo que estamos comentando. La Historia nos mostrará un amplio repertorio de situaciones, con sus lamentables consecuencias, de lo que ha ocurrido cuando dos civilizaciones con distinto nivel cultural, se han puesto en contacto. La más avanzada, como consecuencia de su mayor variedad, ha sustraído la información de la menos avanzada, la cual se ha visto desposeída de sus propios valores culturales, y además, explotada. Y quien dice civilizaciones, dice grupos sociales, empresas, o incluso personas, a nivel particular. Lo que es todo un muestrario de cómo información es control, y no siempre para bien.

- c) La información transmitida no es una propiedad intrínseca del mensaje individual

Esta idea ha sido recogida en Ashby (1956, pág. 170). Y estimamos que es de interés por cuanto encaja en la hipótesis que venimos exponiendo de un mundo, no constituido por esencias, sino por relaciones. Efectivamente, no se puede saber lo que es una cosa sino es en contraste con otra. Sólo percibimos diferencias, *fronteras*, decía Margalef (1980). Y es justamente, el lugar que ocupa una *frontera* en relación a otra lo que la reviste de significado. Cuantas más fronteras puedan reconocerse, más cargada de información estará cada una de ellas, de la misma manera que, en un idioma, cuanto más riqueza de términos, más cargado de



significado cada uno de ellos. El sentido de algo depende del conjunto en el que se encuentra.

Ashby lo ilustra con el siguiente ejemplo. Supongamos que dos soldados son hechos prisioneros, cada uno de ellos, por un país enemigo distinto: A y B. Las esposas de ambos soldados reciben el siguiente mensaje: "estoy bien". Por otro lado, se sabe que el país A permite a sus prisioneros elegir entre las siguientes alternativas: a) estoy bien, b) estoy ligeramente enfermo, c) estoy gravemente enfermo, y d) no enviar mensaje. El país B, por el contrario: a) estoy bien, b) no enviar mensaje. Es obvio, que en estas circunstancias el mensaje recibido de *estoy bien*, no tendrá el mismo significado en un contexto que en el otro.

#### 2.3.3.4.- Medida de la información

La exposición que haremos de la medida de la información pretende ser coherente con los conceptos desarrollados hasta ahora, sobre el significado de la información. Si se ha entendido un sistema como un conjunto de acontecimientos que se desenvuelven en un recinto del espacio-tiempo, podemos imaginarnos tales acontecimientos como puntos dinámicos de un espacio. Cuanto más indeterminadas sean sus posiciones, más difusas serán sus nubes de probabilidad asociadas. En consecuencia, las trayectorias de los acontecimientos serán menos predecibles, y el sistema, en su conjunto, -las nubes que constituyen las trayectorias-, carecerá de forma precisa; contendrá menos información en los términos que venimos expresando. Por el contrario, nubes de trayectorias de gran densidad, serán indicativa de trayectorias precisas, y por tanto, predecibles. El sistema presentará una forma más compacta, y por lo mismo, más definida. Tal sistema estará más informado.

Como puede deducirse, son las probabilidades asociadas a las posiciones de tales acontecimientos, lo que indica el grado de dispersión o difusión de sus trayectorias. Cuando unos acontecimientos derivan de otros con una probabilidad de 1, el sistema se comportará de manera determinista, y el conjunto de sus trayectorias tendrán la mínima densidad, -parecerá que éstas se superponen unas a otras configurando líneas precisas-. Por el contrario, cuando tales probabilidades presentan valores inferiores a 1, será indicativo de que un acontecimiento será sucedido por cualquiera entre varios, -menos, cuanto más próximo este la probabilidad de 1-. Al final, el conjunto de las trayectorias parecerá configurar nubes, con un grado de dispersión mayor cuanto menor sean tales probabilidades.

En este contexto, informar un sistema no es más que aplicar una cierta restricción a tal dispersión. Como indicábamos al principio de este apartado, informar un sistema es restringir su variedad aleatoria, lo que se traduce en modificar las probabilidades asociadas a los acontecimientos que configuran dicho sistema, en el sentido de que cuanto más altas sean sus probabilidades mayor *determinación* impondremos a los acontecimientos, y más definida será la configuración del sistema. Información, en este contexto, tiene que ver con la restricción *a posteriori* de las probabilidades *a priori* (Margalef, 1968, pág. 8).

El conjunto de acontecimientos en un momento dado definen el estado del sistema en ese momento. A lo largo del tiempo el sistema podrá adoptar una serie de estados. La teoría de la medida de la información que expondremos aquí, se refiere a los distintos estados del sistema y a las probabilidades de transición asociadas a tales estados. Dicha teoría podrá formularse igualmente a los acontecimientos en el interior del sistema, pero estimamos de mayor generalidad plantearlo en términos de los estados del sistema. A ésto nos dedicaremos a continuación.

Supongamos, pues, un sistema que designaremos como "X", que puede adoptar un conjunto finito de estados. Sean éstos "n", de tal forma que:

$$X = (X_1, X_2, X_3, \dots X_n)$$

Cuyas probabilidades asociadas sean:

$$P(X) = (P(X_1), P(X_2), P(X_3), \dots P(X_n))$$

Y donde:

$$P(X_i) = 1$$

Por otro lado, supongamos que la ocurrencia de un cierto acontecimiento H reduce los estados del sistema de "n" elementos a "m" elementos. Al conjunto de tales estados le llamaremos Y, de forma que:

$$Y = (Y_1, Y_2, Y_3, \dots Y_n)$$

Cuyas probabilidades asociadas sean:

$$P(Y) = (P(Y_1), P(Y_2), P(Y_3), \dots P(Y_n))$$

Y donde:

$$P(Y_i) = 1$$

De tal forma que Y es un subconjunto de X;  $Y \in X$

Es obvio que al pasar el sistema de "n" estados a un número "m" inferior, ha habido restricción, y el sistema es ahora más predecible que antes, aunque no totalmente. Por eso, frecuentemente, se utiliza el término *incertidumbre*, en el sentido de que el sistema ha pasado de una incertidumbre mayor a otra menor. Esta incertidumbre, o *ganancia de información*, si se prefiere, puede expresarse eficazmente por el cociente entre las probabilidades asociadas a los estados **después**, *-a posteriori-*, y **antes**, *-a priori-*, del citado acontecimiento H. Igualmente, puede utilizarse, como índice algo que sea función de tal cociente. En este caso, puede demostrarse que el  $\log_2$  de dicho cociente ofrece ciertas facilidades matemáticas. De esta forma, si antes del acontecimiento H, a un cierto estado  $X_i$ , le corresponde una probabilidad  $P(X_i)$ , y después, a dicho estado  $Y_k$ , -dentro del conjunto Y-, le corresponde una probabilidad  $P(Y_k)$ , la incertidumbre disipada, -información ganada-, de tal estado será:

$$I = \log_2 P(Y_k)/P(X_i) = \log_2 P(Y_k) - \log_2 P(x_i)$$

(1)

Cuando se trata de estados equiprobables, ocurre que  $P(X_i)=1/n$ , y  $P(Y_k)=1/m$ . Y entonces, la expresión (1) puede ampliarse de la siguiente manera:

$$\log_2 P(Y_k) - \log_2 P(X_i) = \log_2 1/m - \log_2 1/n = (\log_2 1 - \log_2 m)$$

$$- (\log_2 1 - \log_2 n) = \log_2 n - \log_2 m$$

(2)

Donde  $\log_2 n$  es la incertidumbre del sistema con "n" estados,

y  $\log_2 m$  es la incertidumbre con "m" estados. De esta forma, la ganancia de información, que hemos expresado en (1), como cociente de probabilidades, puede plantearse, ahora, en (2), como diferencia o reducción de incertidumbres.

Si se nos permite, estas expresiones pueden ser ilustradas con algún ejemplo, que permita una mejor comprensión de lo que venimos exponiendo. Efectivamente, supongamos un determinado animal, -una rata-, que se encuentra en el interior de un espacio experimental de las siguientes características.

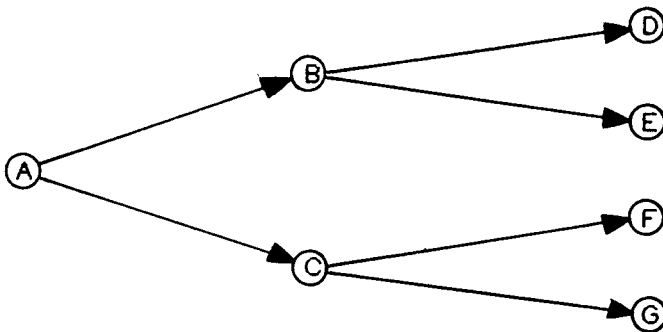


Figura 2.16

Se trata de determinar en qué punto de los terminales (D, E, F, o G), se encontrará dicho animal. Cuando éste se encuentre situado en A, en relación a los puntos terminales, podrá adoptar cuatro estados distintos, (rata en A, en B, en C o en D). Por el contrario, cuando se encuentre en B o C, sólo podrá adoptar dos estados distintos. Por último, cuando llegue a cualquiera de los puntos terminales, sólo podrá adoptar tal estado.

Situémonos, por ejemplo, en A, y desde esta perspectiva, analicemos la situación de la rata hacia el estado rata-en-D. Desde la

perspectiva de A, y en relación a los estados terminales, dicho animal podrá encontrarse en cuatro estados distintos. Nuestra incertidumbre al respecto será, según (2):  $\log_2 4 = 2$  bits. Cuando el animal avanza hasta el punto B, desde dicha posición sus estados posibles futuros serán dos. Su incertidumbre será, entonces,  $\log_2 2 = 1$ . Y la reducción de incertidumbre al pasar de A a B:

$$I = \log_2 4 - \log_2 2 = 2 - 1 = 1 \text{ bit}$$

Cuando el animal se encuentre en D, sólo habrá un estado posible. Desde la perspectiva de A, la incertidumbre total disipada será:

$$I = \log_2 4 - \log_2 1 = 2 - 0 = 2 \text{ bits}$$

En términos generales, cuando el sistema alcanza un determinado estado, a partir de "n" iniciales, equiprobables, la incertidumbre disipada será:

$$I = \log_2 n - \log_2 1 = \log_2 n$$

Si tal situación se plantea, en términos de probabilidades, tendremos que cuando el sistema sólo puede adoptar un único estado, la probabilidad asociada a dicho estado será de 1, con lo que un equivalente de la expresión (3), utilizando probabilidades, según (1), será:

$$I = \log_2 P(Y_k) - \log_2 P(X_i) = \log_2 1 - \log_2 P(X_i) =$$

$$0 - \log_2 P(X_i) = -\log_2 P(X_i)$$

(4)

En el caso que estamos tratando tendríamos que, por ejemplo, para llegar a D, la probabilidad cuando se encuentra en A sería de 1/4, y una vez alcanzado D, sería 1. Aplicando (4):

$$I = -\log_2 P(X_i) = -\log_2 1/4 = -(\log_2 1 - \log_2 4) =$$

$$-(-\log_2 4) = \log_2 4 = 2 \text{ bits}$$

Expresión que se interpreta exactamente igual que (3). Indica al total de incertidumbre disipada hasta *informar* totalmente el sistema, o si se quiere, y la expresión así lo sugiere, el total de información ganada. Insistimos, pues, en lo que comentábamos al comienzo de este apartado, en el sentido de que la información ha de entenderse, no como algo en sí, sino como un *contraste*, una *diferencia*. Efectivamente, ésto es lo que indican las expresiones (3) y (4).

Por otro lado, la expresión  $-\log_2 P(X_i)$  indica la ganancia de información referente a un determinado estado, aquí,  $X_i$ . Tal expresión es válida, como medida del conjunto del sistema, para cuando el sistema adopta "n" estados, todos ellos equiprobables. Cuando ésto sucede, todos los estados contienen la misma información, y por tanto, la esperanza matemática del sistema, -su promedio-, equivale a cualquiera de ellos. Pero cuando los  $P(X_i)$  son diferentes, habremos de desarrollar dicha expresión matemática, como una medida correcta que ofrezca información del conjunto del sistema. Así pues, la información promedio del sistema, o si se quiere, su espe-

ranza matemática  $E(I)$ , cuando el sistema presenta "n" estados, con una información asociada a cada uno de ellos de  $I_i$ , será:

$$E(I) = \sum P_i I_i = - \sum P(X_i) \log_2 P(X_i)$$

(5)

Y aplicando esta misma lógica, cuando el sistema reduce sus "n" estados, no hasta un único valor, sino hasta "m" valores, entonces, la ganancia de información, como consecuencia de la restricción aplicada sería, tomando (1) como referencia:

$$E(I) = \sum P(Y_k) \log_2 P(Y_k) - \sum P(X_i) \log_2 P(X_i)$$

(6)

#### 2.3.3.4.1.- Información como medida de complejidad y orden

Tal como se ha indicado, la información es el resultado de la conjunción de la variedad, -número de estados posibles-, con el orden, -probabilidades de transición-. Efectivamente, supongamos una situación parecida a la de la figura 2.16, pero algo más compleja. El animal, aquí, tiene que desenvolverse entre ocho estados distintos.



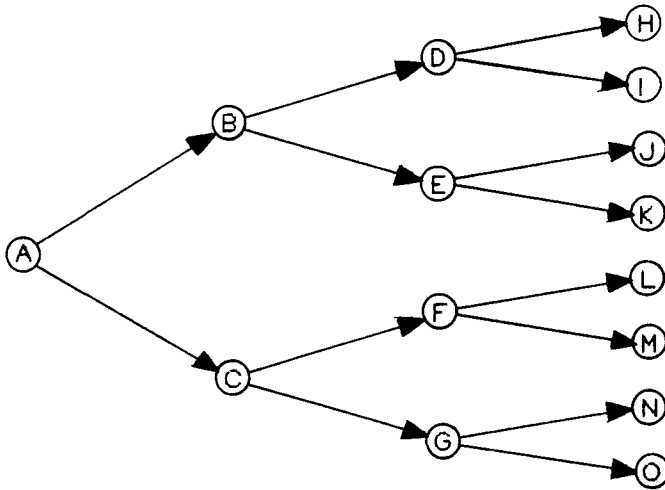


Figura 2.17

Una situación de aprendizaje total, en el que el animal acabe situándose indefectiblemente en un cierto punto terminal, implicaría una ganancia de información, según (3), de:

$$I = \log_2 n = \log_2 8 = 3 \text{ bits}$$

Como se trata de estados equiprobables, la información ganada por cada uno de ellos equivale al promedio de todos ellos. Así pues, utilizando la expresión (5), -que, por el momento, para lo que queremos demostrar, nos va a ser más útil-, tendríamos:

$$I = P(X_1) \log_2 P(X_1) = (1/8) * \log_2 (1/8) + (1/8) * \log_2 (1/8) .. \\ \dots \dots \dots (1/8) \log_2 (1/8) = 3$$

Tal valor es superior en un bit del que era necesario cuando el animal debía elegir entre cuatro estados. Lo que indica, justamente lo que queríamos demostrar de que la información guarda relación con la variedad de un sistema.

Pero además de tal variedad, las probabilidades asociadas a los distintos estados del sistema, -orden-, también será un factor a considerar en la contribución de la cantidad de información contenida en un sistema. Efectivamente, retomemos el ejemplo de la figura 1, y supongamos que, como consecuencia de un determinado aprendizaje, el animal se encontrará en los estados D, E, F y G, con las siguientes probabilidades:  $P(D)=0.6$ ,  $P(E)=0.1$ ,  $P(F)=0.25$ , y  $P(G)=0.05$ . Su esperanza matemática  $E(I)$  será:

$$E(I) = -(0.6 \times \log_2 0.6 + 0.1 \times \log_2 0.1 + 0.25 \times \log_2 0.25 + 0.05 \times \log_2 0.05) = 1.49 \text{ bits}$$

Valor inferior a 2 bits, que sería la información que habría que introducir en el sistema en el caso de que todas sus probabilidades fueran equivalentes, -situación de mínimo aprendizaje, o si se quiere, de máxima incertidumbre-. Cuanto menos información haya de introducirse en el sistema para lograr un cierto estado, más informado estará tal sistema. Así es como debe interpretarse  $E(I)$ , como la ganancia de información que necesita el sistema hasta alcanzar su máximo de información.

En el supuesto de que alguna de las probabilidades asociadas a un cierto estado tenga un valor de 1, el sistema, alcanzará indefectiblemente tal estado. Entonces, diremos que el sistema se comporta de manera *determinista*. No contendrá ningún tipo de incertidumbre, y

por tanto, en términos cuantitativos, no podrá ser informado aún más. Efectivamente, es fácil demostrar que, en este caso  $E(I)=0$ . En la expresión  $-\sum P(X_i) \log_2 P(X_i)$  nos encontraremos con que todos los sumandos son productos de "ceros" por algo, a excepción de un único estado, en el que tendremos  $1 \cdot \log_2 1$ , cuyo valor también es de cero. Así pues, para un sistema determinista:

$$E(I) = -\sum P(X_i) \log_2 P(X_i) + 0 \cdot \log_2 0 + 0 \cdot \log_2 0 \dots\dots$$

$$1 \cdot \log_2 1 \dots\dots 0 \cdot \log_2 0 = 0$$

Obsérvese que hemos dicho que el sistema no puede ser informado más, en términos cuantitativos, lo que no implica que pueda ser sometido a otro tipo de modificaciones, diríamos cualitativas. Cuando nos hemos referido a los sistemas como configurando nubes de probabilidad de distintos acontecimientos, la información, en términos cuantitativos hacía referencia a la densidad de las trayectorias. Un sistema determinista estará configurado por un conjunto de acontecimientos de trayectorias precisas, lo que dará al sistema una forma compacta, pero tal sistema podrá adoptar una forma distinta a aquella e igualmente informado. Podrá adoptar otra *forma*. Así pues, la información, en términos cuantitativos hace referencia al grado de difusión o dispersión de tales nubes de probabilidad, pero no dice nada del aspecto cualitativo de dicha nube. Este es un aspecto que entendemos puede ser estudiado desde la topología, con un futuro prometedor, pero que se sale, por el momento, de los propósitos de esta tesis. No obstante, queremos dejar constancia de ello.

### 2.3.3.5.- Información y energía

La relación entre información y energía es más sutil de lo que parece a primera vista. La información marca los cauces por los que discurre la energía, pero lograr tales cauces, exige, a su vez, energía. Y más cuanto más compleja sea la red de cauces. Se ha dicho, y es cierto, que en los sistemas de control, tal como el termostato, parte de la energía se toma como información. Pero esta verdad merece ser matizada. La cantidad de energía necesaria para controlar un sistema depende del grado de precisión deseado. Virtualmente, una información total del sistema exigirá tanta energía como la existente en el sistema.

Normalmente sólo interesan ciertos aspectos macroscópicos del sistema. Por esta razón, captar la energía que indica el grado de variación habido en tales aspectos suele ser suficiente. De esta forma, en el caso de un líquido puede interesar, bien, su velocidad en una tubería, bien, su temperatura, bien, su viscosidad, bien, su transparencia, o bien, cualquier otra circunstancia del mismo. Así, sólo es necesario la energía *indicativa* de aquello que interesa. Pero supongamos que necesitamos información *total* del sistema, de todos y cada uno de sus componentes. En el caso límite de una partícula atómica, necesitaremos de toda su energía, ya que es justamente lo que define a dicha partícula. Llegados a un cierto extremo, toda la energía, -se entiende energía útil-, puede convertirse en información, e igualmente, tener información absoluta de todo cuanto ocurre en el sistema implica un equivalente energético de las dimensiones del sistema. El diablillo de Maxwell necesitaría tantos fotones como electrones hubiera en el sistema.

Por esta razón, la entropía de un sistema se confunde con su información. Donde no hay energía útil, -equilibrio termodinámico-,

no ocurre nada, y por tanto, no es posible extraer información de allí. La acción, -acontecimientos-, sólo es posible en la asimetría energética. La asimetría energética implica, por otro lado, que existan partes diferentes, con distintos niveles energéticos, que permitan el transvase de energía de unos lugares a otros. Cuando hay partes diferentes, hay contraste, hay información, y se posibilita la acción. Allí donde hay una asimetría energética, por pequeña que sea, hay alguna acción, y se reconoce por tanto algo, -información-.

Por otro lado, hemos indicado que los sistemas son entidades cerradas. -acotaciones en el espacio-tiempo-. La densidad de acontecimientos, -información-, tiene que ver no solamente con la complejidad sino también con las probabilidades asociadas a tales acontecimientos. Probabilidades bajas serán indicativas de sistemas caracterizados por nubes de acontecimientos difusos. Probabilidades altas mostrarán sistemas compactos, bien definidos, con un fuerte grado de cierre. En este caso, la energía estará más concentrada, y se retendrá mejor que cuando se encuentra repartida en acontecimientos de gran dispersión. Las estructuras disipativas de Prigogine indican justamente eso. Sistemas fuertemente organizados, con una gran demanda de energía para mantener su estructura, la absorberán del entorno, donde se encuentra más dispersa.

En esta línea, puede citarse el principio propuesto por Margalef (1980, pág. 28), merced al cual, cuando dos sistemas están en contacto, la energía fluirá siempre desde donde esté más dispersa o menos *ligada*, hacia donde esté más retenida. En términos de información, indica que el sistema mejor organizado absorberá la información del menor organizado. En la interacción, los acontecimientos estarán más próximos del sistema más informado (Margalef, 1968, pág. 21). El de mayor variedad, tal como hemos expuesto anteriormente, podrá absorber la variedad del de menos, pero no a la inversa. Incrementará su memoria, -a despecho del menor informado-, y virtualmente, lo dominará, en el sentido de que para cualquier respuesta que emita el

menos informado, podrá emitir una respuesta alternativa, facultad que no tendrá aquel. Este principio se ha denominado, de forma muy sugerente, como el principio de *San Mateo*, por aquella frase de Cristo, según la cual "al que mucho tiene, más se le dará, y al que tiene poco, lo poco que tiene se le quitará" (Mateo 13:12).

Este principio es enormemente importante. Indica que, en los sistemas vivos, la asimetría energética, lejos de conducir a una igualación en los sistemas los lleva a un estado aún de mayor diferenciación, de mayor asimetría. Tal principio parece el contrapunto de la entropía. Es como si la información del universo, lejos de dispersarse, tendiera a fluir hacia ciertos centros de máxima organización. Estos centros, por lo que sabemos, lo constituyen los seres humanos, y en la medida que información es control, la asimetría existente entre los seres humanos y el universo, concede a éstos un protagonismo muy superior al de su entorno.

Como se ha indicado, el ser humano constituye un sistema con su entorno, y en ésta línea, hemos insistido a lo largo de esta tesis, que, como tal sistema, no es posible atribuir unilateralmente el origen de la acción a ninguno de los dos bandos. Ambos son activos, como ambos son pasivos. No obstante, si se nos permite, deseáramos hacer algunas matizaciones a esta propuesta, que básicamente, consideramos cierta. Existe interdependencia mutua, pero en la medida en que los seres humanos son los centros detentadores de la máxima información, son, por ello, los mayores protagonistas de la escena. Existe interdependencia, pero ésta no es simétrica. Son la parte con mayor poder de decisión y control, y por tanto, la más activa. Y el futuro no hará más que aumentar esta situación de privilegio.

Y no solamente en relación con el resto de la naturaleza. Referente a la relación de unos seres humanos con otros, tal principio es igualmente válido. Aquellas organizaciones más informadas tenderán a estarlo cada vez más, en detrimento de las restantes, a las que les

sustraerán su información, y además controlarán. Esta es la tendencia que marca, diríamos, las leyes de la naturaleza, y que, lamentablemente parecen cumplirse. Sólo consideraciones éticas y humanitarias podrían impedirlo.

### 2.3.3.6.- Información y predicción

En nuestra opinión, el problema de la predicción debe ser enfocado desde la información. Predicción tiene que ver con el grado de información que se dispone de un futuro. Normalmente, cuando se habla de predecir, lo que se indica es la capacidad de estimar con *exactitud* la ocurrencia de un acontecimiento en un futuro próximo o lejano. La predicción planteada en estos términos exige, como condición básica, la existencia de un universo determinista. Otros tipos de predicciones, como las estadísticas, sólo se refieren a los acontecimientos futuros en términos de probabilidades. Tales tipos de estimaciones no establecen exigencias respecto a la naturaleza del universo, sino que actúan desde una perspectiva pragmática. Tampoco ofrecen ninguna información nueva. Vienen a decir que ocurrirá lo que ya ha ocurrido, según las frecuencias relativas de aquello que se observó. Por ello, no pueden dar cuenta de acontecimientos que realmente sean *nuevos*, en el sentido de que no se dispone para los mismos, de frecuencias previas.

La cuestión del determinismo ha sido una de las más debatidas a lo largo de la historia del pensamiento. Parece ser la condición necesaria para establecer predicciones científicas. En física cuenta con un relativo éxito. Tal actitud ha sido llevada a la psicología, en la medida en que se entiende que los seres humanos son entidades físicas, y por tanto, son de la misma naturaleza que el mundo que les rodea.

El determinismo, como condición esencial de la naturaleza física ha sido refutado sistemáticamente por Popper (Popper, 1957, 1974, 1982). Nosotros lo hemos hecho en otra parte de esta tesis. Aquí volveremos sobre el mismo, aunque desde una perspectiva algo diferente. Demostraremos que el *indeterminismo*, en el sentido de que los acontecimientos futuros son indeterminados, impredecibles o imprevisibles, es independiente del hecho de que el mundo físico, en su esencia, sea determinado o no, esté sujeto a leyes o no. Tanto un universo sometido rígidamente a leyes como otro cargado de componentes aleatorios, se presentará, para cualquier observador, como impredecible. Comenzaremos, pues, bajo el supuesto de un universo determinista.

Nuestra argumentación básicamente se apoya en que para que haya predicción absolutamente precisa ha de haber información total; ésto es, información de todo el universo, y que tal información jamás podrá tenerla un sistema que esté incluido en dicho universo, y sea inferior a él.

Predecir cualquier acontecimiento, con absoluta seguridad, exige información completa del universo. No es suficiente información local. Lo que pueda ocurrir aquí, dentro de unos instantes, puede haber tenido su origen en cualquier lugar del cosmos, (la llegada de un meteorito, por ejemplo). Así que necesito saber, si deseo absoluta precisión, de todos los acontecimientos del universo. Pero, como se ha indicado anteriormente, para que el sistema A tenga información de todo cuanto ocurre en el sistema B, debe tener la misma variedad que éste; es decir, debe poder presentar tantos *estados distintos* como B. Cuando el sistema A está incluido en el universo, y el sistema B es el universo mismo, nos encontramos con la paradoja de que para que A tenga información total de B, la variedad de A debe contener a la de B, (que, a su vez, contiene a la de A, puesto que es parte de él). Obviamente, ésto sólo sería posible cuando  $A=B$ . Siempre



que  $A < B$ , jamás A podrá contener la variedad de B, ya que ésto obligaría a afirmar que A tiene una variedad superior a sí misma, lo cual es contradictorio. Así pues, aun suponiendo un universo absolutamente determinista, jamás una parte del mismo, tendrá información de la totalidad, y por tanto, jamás podrá predecir con absoluta seguridad ningún acontecimiento en ningún tiempo y en ningún lugar. Sólo el universo en su conjunto, con una supuesta conciencia de sí podría hacer tal tipo de predicciones.

De esta forma, desde la perspectiva de cualquier observador, el universo se presentará como indeterminado, incluso cuando no lo fuera. Y tal condición del observador no puede ser soslayada. No hay manera de garantizarse un universo determinista. Sólo conjeturas en los términos de lo *que debe ser*, permite tal tipo de consideraciones. Pero no existe ningún tipo de evidencia empírica al respecto. Y en la medida en que la ciencia está basada en hechos, cualquier científico que se precie de serlo debe, remitirse a ellos. El determinismo no es más que una petición de principio sin datos que lo corroboren.

Obsérvese, y nunca se insistirá lo suficiente, que lo que aquí se discute no es si el universo es determinista o no (hecho imposible de comprobar), sino que los acontecimientos del universo se presentarán siempre, para cualquier observador, como impredecibles. En estas circunstancias, el determinismo del universo, aunque lo fuera, es imposible de demostrar. De lo único que se tiene constancia es de que los acontecimientos sólo pueden expresarse en términos de probabilidad.

A este respecto, merecen citarse las palabras de Eddington (Gardner, 1984, pág. 288-289), en relación con lo que este autor denomina leyes primarias (deterministas) y leyes secundarias (probabilistas):

"El desarrollo de la ley secundaria al amparo del esquema determinista dominante fue muy notable, orientándose en esta dirección sectores enteros de la física. Llegó un momento en el que el nuevo método era el único utilizado en las ramas más progresistas de esta ciencia; de forma que, aunque los físicos continuasen profesando fidelidad a la ley primaria, dejaron de servirse de ella. La ley primaria era algo así como el oro depositado en las cámaras acorazadas, en tanto que la ley secundaria hacía las veces de papel moneda usado en la práctica diaria. Sin embargo, la gente se sentía aún apegada a la idea tradicional de que el papel moneda tiene que estar respaldado por el oro. A medida que la física iba progresando, cada vez eran menos frecuentes las ocasiones en que el oro se utilizaba directamente, hasta que desaparecieron por completo. Entonces algunos nos planteamos la pregunta de si todavía existía oro almacenado en las cámaras o era un mito que obedecía a la tradición. Esta historia habría tenido un dramático desenlace si, al proceder a la apertura de las cajas fuertes, éstas se hubieran encontrado vacías. La realidad no ha sido tan simple. Se da la circunstancia que se ha perdido la llave y nadie es capaz de decir con certeza si hay o no hay oro en las cámaras. En cualquier caso, sin embargo, creo que es evidente que la física actual no se rige por el patrón oro."

En este sentido nos parece más sugerente la hipótesis de Ashby (1956), quien asume exactamente el punto de vista del indeterminismo. Las leyes se presentan en la naturaleza como constricción de la variedad aleatoria. Un sistema podrá adoptar cualquier estado siempre y cuando no haya nada que se lo impida. La restricción de posibilidades es consecuencia de la interacción de unos elementos con otros. Los grados de libertad derivan de la riqueza de las interacciones. De esta forma, los acontecimientos se presentan como funciones de



probabilidad asociadas a tales grados de libertad. Cuando la interacción es total, los grados de libertad son cero, y el sistema es determinista. En cierto sentido, esto es lo que hace el investigador cuando estudia los fenómenos en condiciones de laboratorio: él mismo produce las restricciones necesarias para que el sistema se comporte de forma determinista. Luego concluirá que las leyes existen por que han sido observadas por él, sin percatarse que ha sido así porque ha restringido el sistema hasta un punto de comportarse sin ningún grado de libertad. En el caso contrario, en ausencia de interacción, la aleatoriedad sería total, y el sistema podría adoptar cualquier estado entre los infinitos posibles. Tal situación sólo puede plantearse en términos hipotéticos porque nada existe en aislamiento absoluto. En nuestra opinión, un término que estimamos puede ser adecuado para describir el comportamiento de la realidad es el de *aleatoriedad con diferentes niveles de restricción*. No se presenta el caos en su totalidad, como lo demuestra el hecho de que las funciones de probabilidad de las distintas variables, según sus grados de libertad, adoptan, a nivel, macroscópico, formas deterministas, pero tampoco puede observarse un determinismo absoluto.

Cabe preguntarse si la realidad simplemente es como es, y los planteamientos deterministas o aleatorios, son planteamientos descriptivos del mismo orden que intentar especificar si las cebras son blancas con rayas negras, o negras con rayas blancas; esto es si la realidad es azar con distintos grados de restricciones, o si lo que se llama azar no es más que un determinismo de orden infinito, tan complejo, que es imposible de ser especificado, tal como propone Bohm (1968, pág. 215-242) . No obstante, optamos por la primera hipótesis, por varias razones; a) por cuanto entendemos con Eddington que no existe evidencia empírica del determinismo (y sí del indeterminismo); b) por cuanto dicha hipótesis explica de una forma más sencilla, los procesos de diferenciación y estructuración en la naturaleza, como se tendrá ocasión de comprobar cuando analicemos más detenidamente en el apartado de estabilidad, los fenómenos de inestabilidad en los

sistemas; y c) porque se aprecia indeterminismo en el sustrato de toda ley pero no a la inversa. Se observan ciertas regularidades a nivel macrocópico, pero nunca a nivel microscópico, en el que subyace azar. Cualquier determinismo que se observe esconderá siempre un indeterminismo de nivel inferior, lo que es indicativo que uno, -orden-, deriva del otro, -azar-, en el sentido de que cualquier sustrato superior que se configura a partir de otro inferior, debe su origen a este último. Son las restricciones de la interacción lo que resta *grados de libertad* e imprimen, por tanto, determinación

#### 2.3.4.- Estabilidad y control

Las ideas que se desarrollarán en las próximas páginas pretenden ser coherentes con los conceptos expuestos hasta ahora en torno a las nociones de sistema, realimentación e información.

Como se ha indicado, los sistemas son organizaciones que se mantienen en el tiempo y en el espacio. En este sentido, estudiaremos las condiciones que hacen posible que persistan. La propiedad que han de presentar es la de estabilidad. El mecanismo que lo hace posible es el control.

Se ha asimilado la noción de sistema a la de un flujo de acontecimientos que presentan una cierta convergencia. Del conjunto de bucles -positivos y negativos-, en última instancia, deben predominar los negativos. La realimentación negativa tiene una función de compensación. Allí donde hay una alteración se origina una acción en sentido contrario. Este es el significado de control. Como consecuencia de ello, ciertas variables -las variables esenciales de Ashby (1956)- se mantienen dentro de ciertos niveles cuando el sistema es perturbado. Esto es estabilidad.

Las perturbaciones que afectan al sistema son múltiples. Y múltiples han de ser las respuestas del mismo. En última instancia, la supervivencia del sistema consisten en que se disponga de tanta *variedad* de respuesta como de posibles alteraciones. La supervivencia -o adaptación, si se quiere- no es más que un problema de ajuste entre dos variedades (o complejidades): variedad del sistema y variedad del entorno. Comentaremos las importantes implicaciones del principio de variedad requerida propuesta por Ashby. Por otro lado, la variedad -complejidad- es una medida del grado de información que presenta un sistema.

El equilibrio no es reposo. Sólo se logra merced a una intensa actividad por parte del sistema (Piaget, 1964, pág. 144). No existen equilibrios de fuerzas. Los equilibrios sólo se entienden como juegos de transacciones en el interior del sistema, y entre éste y su entorno. Son equilibrios dinámicos. Equilibrios de flujos. Por otro lado, cierto tipo de sistemas abiertos -los organismos- son susceptibles de ser informados. De esta forma, se modifica su estructura, y por tanto, los procesos que le llevan al equilibrio. Son los equilibrios meliorativos de Piaget (Piaget, 1975). Se distingue así la *adaptación estructural* de la *adaptación funcional* (Le Moigne, 1977, pág. 161).

Analizaremos la relación entre control y energía. Cómo la energía posibilita la acción, y cómo evolucionan los sistemas según el nivel de energía que dispongan. Introduciremos la noción de atractor como valor hacia el cual converge el comportamiento del sistema -punto de equilibrio-. Veremos por qué unos equilibrios son más estables que otros. Por último, expondremos algunas formulaciones matemáticas generales sobre la función de estabilidad. Daremos así una expresión más cabal a la teoría de catástrofes y bifurcaciones.

#### 2.3.4.1.- Noción de control

Como se acaba de mencionar, los sistemas se mantienen gracias a la predominancia de los bucles negativos. La teoría del control automático hace justamente referencia a dispositivos dotados de mecanismos de realimentación negativa. Recuerdese el regulador centrífugo de Watt, el termostato o el radar. Todos presentan la particularidad de reaccionar de forma compensatoria frente a las alteraciones habidas en un determinado fenómeno del que son informados. La eficacia

del control dependerá de la capacidad del sistema en captar la información y en su capacidad de acción. Para lo primero ha de disponer de algún tipo de sensor, para lo segundo de alguna fuente de energía.

Los organismos son sistemas bastantes más complejos que los dispositivos automáticos. Tienen que arreglárselas con un medio que presenta multitud de facetas. Y deben sobrevivir. Supervivencia significa que los organismos se mantienen razonablemente iguales a sí mismos en ciertas variables fundamentales. Presión sanguínea, temperatura, posición relativa de los órganos .etc, deben mantenerse dentro de unos estrechos límites. Fuera de estos márgenes los organismos pasan de *vivos* a *mue*rtos. Supervivencia no es más que estabilidad (Ashby, 1956).

Merecen hacerse algunas consideraciones sobre el concepto de estabilidad. El propósito de todo sistema es mantenerse estable. Pero estable no significa constante en todos sus puntos. La estabilidad sólo es posible merced a una intensa actividad. Una constancia que sólo subsumiese constancia no sería nada. Carecería de información. Todo sistema estable contendrá subsistemas inestables. Y a su vez aquellos, con una mirada suficientemente amplia, resultarán inestables. Recuérdese los modelos depredador-presa, y su estabilidad tipo ciclo límite. Lo que a nivel macroscópico parece estable, no hace más que esconder múltiples microestados cambiantes. Obsérvese el cuerpo humano; su aparente estabilidad esconde un metabolismo complejo. A su vez, los organismos mueren y permanecen las poblaciones. La estabilidad es una cuestión de tamaño. Los sistemas más amplios presentarán una tasa de renovación más baja (Margalef, 1980, pág. 151), y por ello, se percibirán como más estables. En última instancia, sólo se observarán ciclos contenidos en otros ciclos de mayor rango y lentitud.

El concepto de estabilidad como ciclo sugiere que para preservarse la estabilidad de un sistema deben respetarse sus ciclos. La

estabilidad debe entenderse como *proceso* y no como *constancia*. Esto tiene sus implicaciones en cualquier área, sea ésta biología, economía o psicología. Frecuentemente se intentará eliminar "inestabilidades" allí donde no se debe, y que no son otra cosa que procesos de una estabilidad de mayor alcance. La fiebre, por ejemplo, forma parte del proceso de equilibrio, y atajarla sistemáticamente (salvo en casos límites) puede no resultar aconsejable. Medidas en economía a corto plazo para cortar la inflación impedirán mejores soluciones a largo plazo. Igual ocurre en psicología. Luchar contra la ansiedad y la frustración a "toda costa", bien sea con medicación o medidas rápidas para "salir del paso", pueden impedir un auténtico equilibrio. Los ciclos no deben ser alisados sino comprendidos, y de esta forma, aprovechados. La vida se percibe como una serie de períodos, unos mejores, otros peores. Su riqueza y su valor dependen de ello.

Los procesos que llevan a los sistemas a ser estables -cíclicamente estables, diríamos-, es lo que importa. Esto es control. La estabilidad es un continuo camino de ida y vuelta. La capacidad de volver a la *regla* establecida es lo que indica la capacidad de control. Por ello, control también es regulación.

Para que un sistema sea estable debe disponer, para cada alteración, de una respuesta adecuada que contrarreste el efecto de dicha alteración. El repertorio de respuestas ha de presentar, al menos tanta variedad como el conjunto de las perturbaciones. Este principio, que pasaremos a comentar, ha sido enunciado por Ashby (1956) como ley de la variedad requerida, y nos permitirá formular algunas consideraciones de interés.



#### 2.3.4.2.- Control como variedad de respuesta

La ley de la variedad requerida destaca que la regulación de un sistema no es eficaz si no se apoya en un sistema de control tan complejo como el propio sistema. La variedad es requisito de la estabilidad. Control se entiende como capacidad de tener, en todo momento, una alternativa de respuesta adecuada.

Los sistemas se entienden en una relación dinámica con su entorno. Las perturbaciones se suceden de forma continua, y de la misma manera, han de organizarse las respuestas. Se observan así, dos tipos de acontecimientos: los del entorno y los del sistema. Los de éste último, han de contrarrestar los primeros. No es suficiente con disponer de la respuesta adecuada. Ha de aplicarse a tiempo. Por ello, se ha afirmado que no se trata de un ajuste de variedades sino de tasas de variedades (Ashby, 1956).

El control como variedad sugiere que la estabilidad de los sistemas tiene que ver con su complejidad. La simplificación introducida por el hombre en los ecosistemas, merced a la agricultura intensiva, convierten a tales sistemas en inestables, con aportación de continuas correcciones artificiales, en términos de abonos, pesticidas o herbicidas que pueden dar lugar a desequilibrios imprevisibles. En psicología muestra que las terapias han de estar dirigidas a suministrar a los individuos las habilidades necesarias, en contacto con un entorno rico en estímulos sociales, y lejos del empobrecimiento que suponen las instituciones psiquiátricas.

La ley de la variedad requerida se entiende en el contexto de los sistemas acoplados, e indica las condiciones mínimas en, términos de variedad, bajo las cuales un sistema A podrá controlar un sistema B.

Algunas consideraciones podrán extraerse de tal principio. La más importante mostrará que en el límite de la complejidad no será posible encontrar para ningún sistema, ningún otro sistema que pueda controlarlo. En última instancia, el sistema más complejo sólo podrá ser controlado desde sí mismo, desde su propia variedad. Las pretensiones de control no podrán llevarse indefinidamente. En algún punto habrá que dejar que las cosas vayan por sí mismas. Destacaremos tales consecuencias en dos ámbitos: a) organizaciones humanas y b) psicología.

En organizaciones humanas echa por tierra todo intento de control desde un individuo, como una medida conveniente. Tal individuo jamás contendrá en sí la variedad del conjunto al que pertenece, incluida su propia variedad. Sólo podrá hacerlo -y ocasionalmente se ha hecho-, a costa de empobrecer el sistema. Y al final, acabará imponiéndose la mayor variedad del sistema. Sólo el sistema en su conjunto dispone de la suficiente variedad para su autocontrol. Por esta razón, no entendemos una forma superior de organizar una nación que la basada en la democracia.

En Psicología demuestra que no es posible encontrar por ninguna parte un *ego controlador*. Pretender que la complejidad del psiquismo esté regulada por un ego es exigirle a ese ego toda la complejidad necesaria. Debe tener conciencia de todos los estados posibles del sistema al que pertenece incluidos los suyos propios. Como un ojo que se ve a sí mismo. Pero recurrir a una *mente* para explicar la complejidad de la mente no hace más que aplazar el problema. Tal planteamiento no puede llevarse indefinidamente. En algún momento alguna complejidad se explicará a sí misma. Y para ello, mejor no haber empezado.

La noción de un *ego controlador* deriva de la concepción mecanicista, ya comentada, merced a la cual las causas son ajenas a las cosas mismas. Llevado a sus últimas consecuencias nada de cuanto

es conocido presenta actividad propia (ni siquiera el supuesto *ego*). Sólo lo que impera al margen del universo presenta dinamismo. Pero si, por el contrario, se asume un universo con capacidad de acción, nada impide asignar a los sistemas la toma de sus propias decisiones.

Si se entiende control como capacidad de decisión, una ojeada a los sistemas nos mostrará a éstos conteniendo múltiples bucles de regulación. Las decisiones se tomarán allí donde hagan falta. Obsérvese el cuerpo humano. El control de la temperatura, digestión, procesos cerebrales ..etc, se realizan sin consentimiento expreso de ningún *ego*. Sólo se contempla un sistema englobando una serie de subsistemas, que a su vez, engloban a otros subsistemas, y así hasta un cierto límite. Cada sistema actúa al nivel que le corresponde, sin interferir en los restantes. Sólo las conexiones existentes entre los distintos sistemas hará que sean activados cuando sea necesario. Los sistemas se organizan descentradamente (Pániker, 1982, pág. 291).

La imagen de sistemas englobando subsistemas sugiere que los sistemas constituyen estructuras jerarquizadas o arborescentes. Tales estructuras contemplan múltiples puntos de decisión, imbricados en otros puntos de decisión. Dicha disposición nos recuerda la programación estructurada. Si se contemplan los sistemas como procesos de supervencia, se entenderá que la máxima eficacia en la acción corresponderá a módulos de comportamiento subsumiendo a otros módulos relativamente autónomos. En todo momento, cada punto de decisión sólo tendrá que arreglárselas con un conjunto no demasiado amplio de alternativas, lo cual es coherente con la ley de la variedad requerida. La acción multiplicativa que ejercen unos nudos con otros, ofrecerá un conjunto de una gran complejidad, y gran capacidad adaptativa a partir de unos componentes relativamente simples. La figura 2.18 ofrece el esquema de una estructura jerárquica.

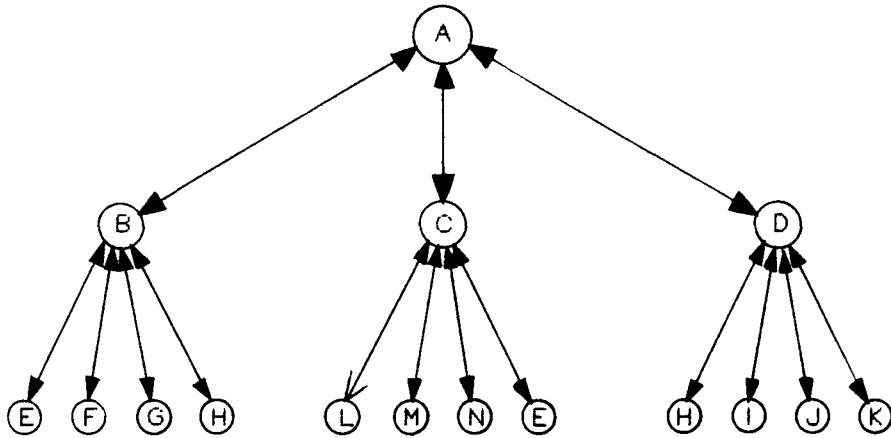


Figura 2.18

Tal esquema puede ser válido para multitud de casos. Puede hacer referencia a un organismo: los niveles inferiores corresponderán a células, los medios a tejidos y los superiores a órganos. Pueden representar una estructura militar: compañía, batallón, división y ejército. Una empresa: obrero, capataz, gerente ...etc. Una cadena trófica: fotosintetizadores, herbívoros, carnívoros y omnívoros. O la personalidad, con sus diferentes subsistemas: sensorial y motor, cognitivo y efectivo, y de estilo y valores -según formula Royce, (1981)-.

Lo que merece destacarse de todos ellos es cómo las acciones se realizan de forma descentralizada. Cada nivel desempeña su función sin necesidad de recurrir a centros superiores de decisión (Rosnay, 1975, pág. 112). Globalmente considerado, el sistema está bajo control sin que el órgano máximo de decisión tenga que estar en todo. Tal órgano sólo debe (y sólo puede) tomar las decisiones en su propio nivel.

Tales estructuras presentan numerosas ventajas. La primera muestra cómo la constitución de sistemas complejos se realiza desde la simplicidad (Le Moigne, 1977, pág. 198), de la misma manera que para un programador le resulta más fácil construir módulos, como las piezas de un mecano, y a partir de allí ir configurando estructuras más complejas, que no hacer un programa específico para cada situación. Este parece ser el camino seguido por la evolución. Dicha descomponibilidad hace a los organismos especialmente adaptativos, de la misma manera que la programación modular o estructurada permite al programador hacer frente a cualquier eventualidad con mayor eficacia. Otra ventaja se refiere en términos de procesamiento de la información. Una organización eficiente exige la toma de decisiones rápidas. Esto no sería posible con un único centro de decisiones. Las informaciones recorrerían caminos excesivamente largos, y al final las decisiones llegarían demasiado tarde.

Algunas otras matizaciones pueden hacerse. La figura 2.18 muestra que el entorno de A es B, C y D. El sistema A podrá activar cualquiera de estos subsistemas pero no podrá interferir en ellos, de la misma manera que, por ejemplo, los organismos podrán tomar la decisión de alimentarse, pero jamás tendrán capacidad de intervenir desde su *voluntad* en los procesos digestivos. Ha de entenderse que A no tiene control directo sobre subsistemas tales como F o M, pero tal circunstancia no niega una acción indirecta. En el caso de F, podrá actuar a través de B, y en el caso de M, a través de C. Un paralelismo puede establecerse en psicología. Los seres humanos no tenemos control voluntario sobre nuestras emociones, lo que frecuentemente se vive, valga la redundancia, con gran angustia. Este es uno de los factores a añadir de no-control que suele complicar gravemente la depresión. Pero ha de entenderse que las emociones son el resultado de ciertas conductas y de ciertos hábitos de pensamiento, y que actuando a estos niveles es posible modificarlas, tal como demuestra la terapia cognitivo-conductual. Se verá más adelante cómo tales subsistemas de baja tasa de renovación constituyen auténticos

depósitos -memorias-, y modificarlos exige tiempo, lo que puede llegar a vivirse con desaliento si se desconocen tales procesos.

#### 2.3.4.3.- Complejidad e información

Complejidad hace referencia al número de componentes del sistema. Cuantos más elementos distintos más interacciones, y por tanto, más variedad comportamental. Complejidad estructural conlleva complejidad funcional, y virtualmente -los sistemas como organizaciones-, pueden ser lo mismo. La riqueza de interacciones incrementará las posibilidades de autorregulación. El sistema dispondrá de mayor cantidad de respuestas, y así será capaz de ofrecer una alternativa válida a una cierta perturbación. Su conducta será eficaz, en el sentido de disponer de un amplio repertorio de recursos que permita contrarrestar los efectos de tales perturbaciones -control-. Y el interior del sistema se mantendrá a salvo -estabilidad-. Complejidad es control.

La complejidad -riqueza estructural- sugiere, tal como se ha indicado, sistemas dotados de información. Este parece ser el camino seguido por la evolución. Los organismos se diferencian, se hacen más complejos, y de esta manera ganan en información. Su capacidad de adaptación tiene que ver con ello. Los sistemas humanos son los más informados, y por tanto, disponen del máximo control.

No obstante, deben hacerse algunas matizaciones. En el apartado anterior se indicaba que información era igual a complejidad + orden, tal como expresaba la fórmula de Shannon y Weaver (1949). Nótese que se ha definido sistema como un conjunto de acontecimientos en bucle cerrado. Complejidad tiene que ver con la cantidad de acontecimientos, y orden, con la densidad del cierre. Los sistemas muy ordenados asemejarán a estructuras espacio-temporales compactas, de

trayectorias de acontecimientos bien definidas, cuyas probabilidades de transición de unos estados a otros es próximo a uno.

Nos interesa especialmente distinguir *complejidad* de *orden*. Ambos son componentes de la información. La expresión  $\sum p_i \cdot \log_2 p_i$ , así lo sugiere. Un sistema con numerosos estados posibles asociados a probabilidades bajas contendrá la misma información que otro con menor número de estados pero con probabilidades asociadas más altas. No es la cantidad de información lo único importante. Interesa también cómo se encuentra distribuída en el sistema. Un sistema fuertemente organizado, de estructura sólida, será difícilmente modificable. Por el contrario, otro, de configuración menos definida y caracterizado por acontecimientos vagos, será más fácil de ser modificado. Es el límite potencial de información lo que cuenta. Y para ello la ventaja corre de los sistemas complejos poco estructurados.

Obsérvese la diferencia entre los organismos superiores e inferiores. Y dentro de éstos, la diferencia entre individuos jóvenes y adultos. La cantidad de información de un recién nacido humano no será superior a la de un chimpancé adulto, pero su complejidad estructural unida a la vaguedad de sus acontecimientos internos lo hará especialmente capacitado para futuras informaciones. Mostrará aprendizaje y con el tiempo dispondrá de un repertorio amplio de respuestas que le permitirá enfrentarse exitosamente a la variedad del entorno. Pero una vez *configurado* tal individuo adulto, tendrá especiales dificultades para manejarse con cualquier eventualidad no prevista en su repertorio conductual. Igualmente, habrá diferencias, entre individuos de edades equivalentes, en cuanto a personalidad e inteligencia que dará lugar a estructuraciones con distinto grado de organización, y cuyas consecuencias serán discutidas.

Estas consideraciones tienen su importancia en términos de adaptación. Permitirán establecer algunos principios generales. Adaptación implica siempre la capacidad de dar una respuesta adecuada a la demanda del medio. Un sistema con un amplio repertorio de respuestas tendrá mejor donde elegir que otro de variedad más reducida. Pero no es la variedad lo único que cuenta, -entendida ésta como el número de estados posibles de un sistema-. Importa también cómo se realizan las transiciones de unos estados a otros. Cuando tales secuencias se suceden con probabilidades próximas a uno, el sistema será rígido, y aunque presente riqueza estructural, tendrá dificultades para hacer frente a acontecimientos que no estén contenidos en su memoria. No podrá ofrecer respuesta a acontecimientos que no tenga *internalizados*. Será habilidoso si se guía por la "experiencia" ante situaciones ya vividas, pero será poco adaptativo ante situaciones nuevas. Son sistemas, diríamos "fuertes" frente a lo conocido, y "frágiles" frente a las innovaciones. Su extraordinaria complejidad hará costoso, en términos energéticos, invertir en cambios estructurales, así que optarán por hacerlo en cambios funcionales.

Nos interesa distinguir, pues, el cambio *estructural* del cambio *funcional*. Contemplamos cómo la naturaleza, cuando los organismos son simples, tiende a una mortalidad temprana junto a una alta fecundidad; de esta forma, la probabilidad de cambio estructural, debida a las mutaciones, es máxima. Cuando las condiciones son desfavorables, mueren, pero proliferan las esporas o los pequeños huevos, dispuestos a reproducirse por doquier a la menor ocasión. Por el contrario, cuando se trata de organismos complejos, de baja tasa de renovación, y dotados de gran memoria, tiende a que éstos sean longevos y de baja fecundidad. Se intentará sacar partido de la riqueza de las interacciones más que en modificar su estructura. La complejidad y fragilidad del bosque tropical contrasta con la simplicidad y adaptabilidad del pastizal; la dureza del roble contrasta con la elasticidad de la espiga, y la robustez de la ballena contrasta con la versatilidad del mosquito.



En el juego de interacciones con su entorno, los sistemas fuertemente estructurados, o se mantienen y dominan dicho entorno, o perecen. El roble aguantará imperturbable la nevada, pero si ésta es inusitadamente intensa, se quebrará y morirá; la espiga, se dejará llevar, cimbrará, y al final, la nieve caerá. Cierta tipo de depresiones y suicidios tiene que ver con sistemas rígidamente organizados, recios, poco maleables, que se debaten entre *vencer o morir*.

La complejidad tiene otras consecuencias a efectos adaptativos. Los sistemas complejos necesitan más tiempo en el proceso de la información que aquellos otros de mayor simplicidad. Si los acontecimientos del medio se desarrollan con cierta rapidez, el sistema responderá con retraso, y será inestable. Tales sistemas tendrán memoria del pasado y actuarán en consecuencia. Dispondrán de mecanismos de anticipación, y no sólo de reacción. En un sistema con memoria no sólo actuará el *feedback* también lo hará lo que se ha denominado *feedbefore*, que no es más que un circuito anticipatorio de respuestas ya aprendidas. Complejidad estructural equivale a memoria. La memoria es experiencia del pasado, y el sistema sabrá cómo responder cuando se repitan los acontecimientos, pero tal sistema será una redundancia de sí mismo y carecerá de respuestas nuevas a acontecimientos nuevos, y llegado un punto dejará de ser adaptativo en un entorno en evolución. No en vano, la naturaleza dispone de la estrategia de la muerte en los organismos, y deja para la descendencia, libre de contenidos, la escritura de nuevas páginas.

Otra cuestión a debatir será en dónde deben invertir los sistemas su adquisición de información. Puesto que los sistemas presentan un límite estructural, a partir del cuál no podrán almacenar más información, cabe preguntarse qué estrategia será más conveniente, si tener información de una amplia parcela del entorno o de otra más reducida. Se trata de la polémica entre organismos especialistas y generalistas, -conocida en biología-, y que puede ofrecer algunas

sugerencias en psicología. Una ojeada a la naturaleza resultará clarificadora.

Las especies pioneras que colonizan un determinado hábitat son normalmente generalistas (Margalef, 1983, pág. 51), ya que proceden de otros lugares y otras condiciones ambientales. Disponen de un amplio repertorio, tal como corresponde al medio fluctuante en el que se desenvuelven. Pero una vez asentadas en dicha zona, irán apareciendo nuevas especies que se adaptarán mejor a las condiciones más estrechas de ésta. Tales especies serán especialistas. La naturaleza tiende al máximo rendimiento con el mínimo de energía. La competencia por la vida no permite estrategias supérfluas, que implican un coste energético en balde. Este parece ser el caso de algunos crustáceos marinos. En ciertas regiones costeras conviven dos especies distintas. Una de ellas adaptada a vivir en agua de salinidad variable, desde casi dulce hasta más salada de lo normal. La otra, adaptada exclusivamente al agua marina. Una ojeada superficial parecerá mostrar como superior aquella especie capaz de vivir en medios más diversos. Pero ello será a costa de disponer mecanismos adicionales de regulación, que se encarguen de absorber o expulsar agua o sales minerales, según convenga, para igualar el estado interno al externo. Estos mecanismos hay que pagarlos, en términos de un mayor metabolismo, que implica un mayor gasto de energía, y por tanto, de alimentación. En estas condiciones, la especie exclusivamente marina, al carecer de otros mecanismos, aprovechará mejor su energía, y no tendrá rival en el mar. Necesitará comer menos, o comiendo igual, tendrá más descendientes (Margalef, op. cit., pág. 50).

De la comparación de ambos tipos de organismos puede establecerse una primera conclusión: cuando el medio es estable predominarán los especialistas, cuando no, los generalistas. También puede invertirse la afirmación y decir que la tendencia en numerosas especies es crearse su propio *nicho ecológico* o parcela, donde no tienen competencia (Haken, 1981, pág. 70). Otras especies, como las ratas,

han optado por una amplia adaptabilidad. Esta circunstancia las ha convertido en casi indestructibles. En caso de catástrofes, los primeros en caer serán los especialistas de aquellas parcelas destruidas. Los generalistas, simplemente, buscarán otro lugar. No obstante, ha de afirmarse que para el mismo nivel filogenético, y en igualdad de otras condiciones físicas, cualquier parcela estará dominada por su especialista correspondiente. Y en última instancia, si sólo quedara una parcela, al final sobreviviría un especialista. Por otro lado, la naturaleza, en su proceso evolutivo, tiende a alcanzar cotas que sólo son posibles proliferando especialistas.

Estas consideraciones tienen su importancia en el contexto humano. Nuestra especie debe su superioridad absoluta sobre las restantes, a su complejidad neurocortical y a su extraordinaria plasticidad. Como las ratas, somos un prodigio de adaptabilidad. Pero uno se pregunta en qué dirección deben ser conformadas las mentes. En un mundo de competencias sólo parece haber lugar para los especialistas. Todo el mundo busca una parcela donde no halle rival, y quienes no lo consiguen sucumben víctimas de la neurosis o la psicosis. Todas las esperanzas están puestas en un punto, y cualquier impedimento, físico o psicológico, se vive como una verdadera desgracia. Como anteriormente, las catástrofes acaban primero con los especialistas. Esto parece ocurrir con el deportista que sufre una lesión irreversible, y "sólo" sabe correr o el cantante que "sólo" sabe cantar. La depresión tiene mucho que ver con sujetos orientados hacia una única tarea. Y una motivación fuerte de logro no hace más que complicar las cosas. La salvaguarda parece ser formar generalistas. Los que hacen un poco de todo, cuando aparece algún impedimento en algo, tienen donde compensarlo. Quizás el generalista sea el mejor especialista en su tarea.

La tendencia que se observa entre los humanos es la misma que la comentada en la naturaleza: donde haya estabilidad surgirán especialistas, donde haya fluctuación, aparecerán generalistas. La inversa

también parece ser válida: profundizar en algo exige estabilizar el medio. Las personas se aíslan o buscan ambientes apaciguados. El progreso científico sólo ha sido posible cuando el hombre se ha visto liberado de poner su atención en las alteraciones de su entorno físico. Un medio psicológicamente estable también es importante. Cuando no ocurre ello los mecanismos de regulación estarán diversificados, y en términos de competitividad se estará en desventaja.

Pero, afortunadamente, el hombre es el paradigma de la plasticidad. A diferencia de otras especies, su información no reposa fundamentalmente sobre el *hardware*, sino sobre el *software*. Esto significa que los contenidos pueden borrarse, y grabar otros encima. Si desaparece su parcela de éxito, podrá buscar otros lugares, y desarrollar nuevas habilidades. Podrá, a diferencia de otras especies, cambiar de estructura sin ser destruído. No perecerá, pues podrá modificar su estructura plástica. Unos *programas* podrán sustituir a otros. Hoy será especialista. Mañana las circunstancias le obligarán a ser generalista. Y pasado mañana volverá a ser especialista. Todo depende de su confianza en lograrlo.

#### 2.3.4.4.- Precisión y control

Otro aspecto a destacar hace referencia al grado de precisión necesario para que los sistemas sean estables. Regulación implica ajuste a una regla o patrón. Es la discrepancia entre el estado del sistema y el *deseado*, lo que cuenta. Esta discrepancia, (necesaria), que marca la dirección del ajuste, es lo que se ha llamado *error*. La cuestión a debatir es qué grado de error o precisión es el conveniente.

Una primera respuesta parecería sugerir que el mejor control es aquel donde no existe error alguno. Pero tal situación sólo es posible en un sistema que tenga información *total*. Fuera de esta circunstancia, todo sistema que tenga posibilidad de aprendizaje, mostrará error, y el error, será a su vez, la condición exigible para la adquisición de información.

Efectivamente, ausencia de error implica que el sistema responda *antes* de que llegue a producirse ningún tipo de modificación en su interior. Esto sólo sería posible en el supuesto de que para cualquier alteración dispusiera de la correspondiente respuesta por anticipado, y la administrara con perfecta sincronía conforme fuera produciéndose dicha perturbación. Evidentemente, tal sistema debería estar previamente informado de todo cuanto pudiera ocurrir en su entorno. Pero la evolución muestra que los sistemas se configuran, y por ello, se adaptan, en un juego de interrelaciones con su medio. Una vez más, tal sistema sin *error* debería ser ajeno al universo, además de reunir toda una serie de propiedades como inmutabilidad y existencia eterna.

Queda demostrado con ello, que cualquier sistema conocido se nutre del error en su configuración. No es posible un mecanismo de autorregulación perfecto (Pániker, 1982, pág. 36). La cuestión a considerar será determinar qué cantidad de error permitirá al sistema un funcionamiento óptimo.

No puede ofrecerse una respuesta única. Depende de numerosos factores. Como norma general, se sugiere que aquella respuesta que pueda darse en un tiempo razonable, y con un gasto mínimo de energía.

El término "tiempo razonable" merece alguna matización. Lo que se quiere decir es que el sistema debe responder con una velocidad igual o superior a aquella con la que se suceden los acontecimientos del medio. No es el tiempo absoluto de respuesta lo que cuenta, sino el

el tiempo relativo a la sucesión de las perturbaciones. En este sentido debe entenderse el *retraso de información*: como una discrepancia de velocidades.

Esta circunstancia debe ser sopesada convenientemente por los sistemas que presentan un cierto nivel de complejidad estructural. Procesar la información lleva tiempo, y más, cuanto mayor es el juego de interrelaciones. Igualmente, cuanto mayor es la exigencia de precisión, mayor información habrá de considerarse, y por tanto, más tiempo aún se necesitará. Cuando ésto sucede, las respuestas llegan demasiado tarde, el sistema no logrará la regulación y se convertirá en inestable. Llegado un punto, precisión y estabilidad son mutuamente incompatibles (Weyrick, 1975, pág. 15). Todo lo que se puede decir al respecto es: a) el sistema deberá simplificar sus estrategias, si fuera posible, (por ejemplo, mediante descentralización), y b) deberá reducir sus exigencias de precisión.

Algunas consideraciones podrán añadirse a la noción de precisión. Una precisión absoluta coloca al sistema en la situación paradójica de tener que actuar y dejar de hacerlo exactamente en las mismas circunstancias. Un ejemplo resultará clarificador. Supóngase un termostato programado para mantener la temperatura de una habitación exactamente a 20 grados. Ni más, ni menos. En tal situación 20 grados será la señal para conectarse, y también para desconectarse. El sistema no hará más que oscilar. Como un timbre, en el que abrir el circuito es la condición para cerrarlo.

Precisiones casi absolutas presentarán parecido comportamiento, especialmente en un entorno cambiante. Supóngase el caso de la mujer de la limpieza que no admitiese la más mínima suciedad. Como el polvo ambiental se deposita de forma continua sobre los distintos objetos, tal mujer continuamente debería limpiarlo. No podría hacer otra cosa. Tal situación nos recuerda, en programación, bucles conteniendo instrucciones IF ... THEN, en los cuales nunca se llega a cumplir la

condición. El sistema jamás podrá salir del bucle, dejará de atender otros aspectos del programa, y será inoperante. Paradójicamente, cuanto mas control, más descontrol.

En definitiva, los sistemas deben operar necesariamente con un margen de error. La cuantía de este margen vendrá determinada por los límites de variabilidad de las variables esenciales. Fuera de estos límites, el sistema no sobrevivirá. Tampoco lo hará para valores puntuales de las variables esenciales. Los sistemas se mantienen estables dentro de unos límites, relativamente amplios, en cuanto a exigencia de precisión. Por un lado se encontrarán sistemas rígidos, que operarán con poca holgura, y que nunca lograrán cumplir la condición del objetivo; por otro, sistemas flexibles o incluso excesivamente laxos, que se adaptarán a todo, que carecerán de un objetivo determinado, y no llegarán a ninguna parte. Una situación intermedia parece ser lo aconsejable.

#### **2.3.4.4.1.- Ley de los rendimientos decrecientes**

En la línea que venimos comentando, de qué grado de precisión es el aconsejable, merece la pena destacarse la "ley de los rendimientos decrecientes" (Rosnay, 1975, pág. 130), merced a la cual, a partir de un ciento punto, grandes esfuerzos se traducen en pequeños logros. La función matemática que lo refleja es la hipérbola, tal como se ilustra en la figura 2.19.

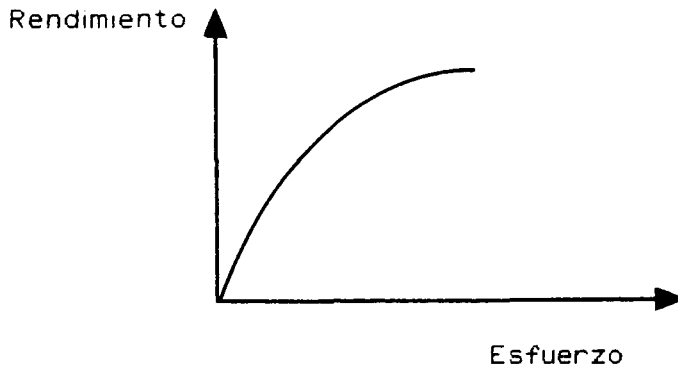


Figura 2.19

Esta ley se manifiesta en fenómenos, cuyo resultado global depende de una serie de factores, en los cuales alguno de ellos presenta un cierto límite. Entonces el conjunto vendrá limitado por éste. Su evolución será asintótica respecto a dicho límite. Tal circunstancia se presenta en agricultura, donde, los efectos de la mejora en cantidad y calidad de los abonos, no superará la productividad a partir de un cierto punto; en matemáticas, donde, el esfuerzo por obtener valores decimales no será rentable a partir de un determinado valor ...etc. En definitiva, cualquier organización debe ser consciente de cuándo invertir en una tarea deja de ser rentable, y aplicar sus esfuerzos en otros menesteres.

Este principio sugiere que el control no puede llevarse demasiado lejos sin un coste energético importante. Como se verá más adelante, los sistemas llevan a cabo múltiples regulaciones, y agotar la mayor parte de sus recursos en una tarea, además de no lograr un resultado proporcional a su esfuerzo, implica dejar al sistema sin reserva energética para otras funciones. Los sistemas deben invertir no tanto en esfuerzo como en eficiencia. Deberán modificar sus estrategias de organización, en el sentido que se ha indicado más arriba, de una mayor simplificación, y al mismo tiempo, deberán saber cómo distribuir su energía disponible de la manera más eficaz posible.



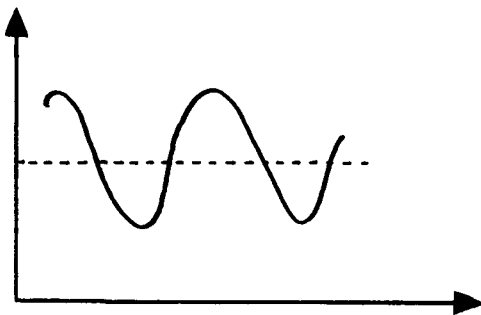
No obstante, deseamos indicar que toda adaptación presenta una doble vertiente: a) ajuste de los sistemas al medio, y b) ajuste del medio al sistema. Los sistemas fuertemente informados no podrán reducir sus niveles de exigencia de precisión por debajo de un determinado nivel. Su misma condición no se lo permite. Un sistema estructuralmente rico, percibirá más y tendrá más propósitos que otro más pobre; procesará más información, y necesitará más tiempo para tomar decisiones; tendrá más memoria, y utilizará más estrategias de anticipación. En tales circunstancias, se encontrará en desventaja en un entorno especialmente fluctuante. Y posiblemente no le interese ganar en generalidad para perder en profundidad. Por ello, buscará estrategias para intervenir en el entorno, y hacerlo así, más coherente con su naturaleza. Intentará estabilizar su medio, en el sentido de ajustar los acontecimientos de éste a su propia *escala interna* de tiempo, -más lenta-, y en caso de no conseguirlo, buscará otros entornos que lo sean. De esta forma, presentará control, en el sentido, indicado más arriba, de ajuste de tasas de variedades. El sistema deberá conjugar una mejora en sus habilidades, junto al desenvolvimiento en un entorno adecuado al ritmo de sus procesos internos.

#### **2.3.4.4.2.- Intensidad de la acción correctora**

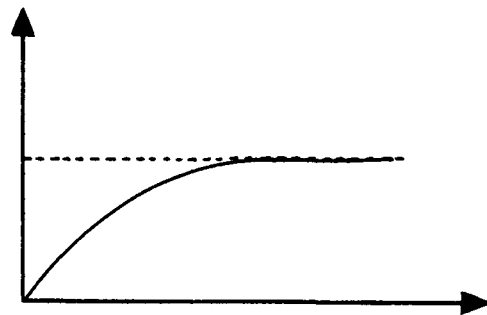
Otro aspecto que merece destacarse hace referencia a la fuerza con la que debe aplicarse la acción correctora que lleve al sistema al punto de equilibrio. En teoría de control automático a tal fuerza se la denomina *ganancia* del sistema.

Como primera sugerencia, puede indicarse que las acciones que llevan al sistema hacia el equilibrio han ser suaves y continuas,

cuando se trata de sistemas complejos. En las figuras 2.20a y 2.20b, se ilustran las diferencias entre un proceso de realimentación negativa, de acción correctora débil, y otra fuerte. En el primer caso, se llega al punto de equilibrio más tarde que en el segundo, pero la aproximación es lenta, progresiva, y por tanto, definitiva. En el segundo caso, no sólo se llega sino que se sobrepasa, lo que obliga al sistema a una nueva acción correctora, que si es de la misma intensidad, dará lugar a un nuevo exceso.



acción correctora fuerte

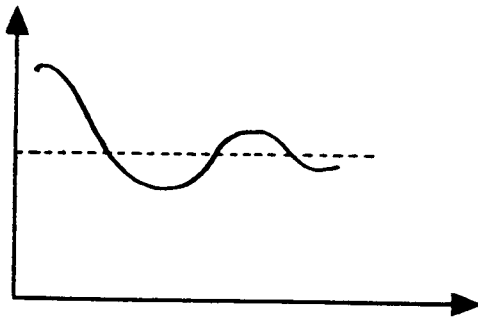


acción correctora débil

Figura 2.20a

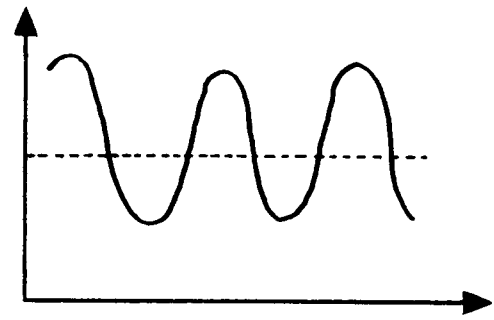
Figura 2.20b

La inestabilidad debida a la fuerza correctora no es consecuencia exclusiva de la potencia de la acción; sino de la *inercia* del sistema, en el sentido de que los impulsos iniciales se mantienen en el sistema, de forma significativa, a partir de una cierta *masa*. En las figuras 2.21a y 2.21b puede observarse la evolución hasta el punto de equilibrio de un sistema *ligero* y de otro *pesado*.



sistema "ligero"

figura 2.21a



sistema "pesado"

figura 2.21b

Quando el sistema es ligero, diríamos ágil, el sistema apenas presentará inercia, y una acción intensa será recomendable. Un sistema pesado, mantendrá su dinámica más allá de lo deseado. Un sobrepulso lo llevará demasiado arriba; un nuevo sobrepulso lo llevará demasiado abajo.

Lo que en un sistema físico es *masa*, puede asimilarse a *complejidad* cuando se trata de sistemas informados. Tales sistemas contendrán una gran memoria, y ésta será su *inercia*. El conjunto de realimentaciones en el interior del sistema, dará lugar a que una cierta dinámica se mantenga aun cuando los estímulos externos hayan cesado. En estas circunstancias, una acción suave y continua llevará al sistema, progresivamente, al punto de equilibrio deseado, y allí se mantendrá en régimen permanente. Y en ese momento, la *inercia* será, precisamente, un factor de estabilidad.

#### 2.3.4.5.- Equilibrio y equilibración

Llegados a este punto, conviene hacer algunas reflexiones en torno al concepto de equilibrio. La tendencia al equilibrio que presentan los sistemas autorregulados, ha sido, frecuentemente, entendida como una situación de homeostasis; es decir, una situación en la que el sistema se mantiene en un estado de constancia interior. Pero como se ha sugerido, los sistemas no pueden ser constantemente constantes; por el contrario, se mantienen razonablemente iguales a sí mismos, merced a una intensa actividad, cuya función es contrarrestar las continuas perturbaciones del medio. La ley de la variedad requerida indica que al flujo de acontecimientos del entorno hay que oponer, como mínimo, un flujo de acciones del sistema, de equivalente variedad. Se entiende, entonces, que lo que se igualan son estos dos tipos de flujos. En la siguiente figura, se ilustra, mediante la imagen de un depósito de líquido que se renueva, lo que queremos expresar:

Figura 2.22

Se trata de un equilibrio de flujos: la cantidad de líquido que entra es igual que la que sale. Se dice, entonces, que la estabilidad es dinámica, puesto que es a través de una intensa actividad como se consigue. La *constancia* se logra merced a una transacción del

sistema con su entorno; es una constancia, diríamos, *cambiante*. Se ha sugerido para tal situación el término *homeorresis* (Waddington, 1968) o igualdad de flujos, que encaja, en nuestra opinión, mejor con los hechos, y no aquel otro de *homeostasis*, de connotaciones estáticas.

La homeorresis, en cuanto constancia de funciones dinámicas, frente a la homeostasis -constancia de funciones estáticas-, queda manifiesta en el tratamiento matemático que aplica la dinámica de sistemas a sus modelos. Ciertas variable -las variables de estado-, se mantienen constantes merced a la igualación de sus derivadas a cero; esto es, cuando el conjunto de transacciones del sistema con su entorno presenta una suma total de cero.

Se destaca así, -y el cálculo diferencial se nos ofrece como una oportuna sugerencia-, la hipótesis, ya comentada de la realidad como proceso, -flujo de acontecimientos-, frente a la realidad constituida por objetos sólidos, inertes y pasivos. En el primer caso, el dinamismo es inherente a la misma realidad, en el segundo, es debida al impacto de fuerzas ajenas a las cosas mismas, procedentes, necesaria e inexplicablemente, de entidades externas al universo. Un mundo de fluídos, al estilo de Heráclito, sugiere un mundo formado por sistemas de diferentes tasas de renovación, y por ello, portador de información. Un mundo de objetos sólidos y de fuerzas, sólo admitirá equilibrios estáticos; las constancias sólo subsumirán constancias, y al final, si se es coherente con tales premisas, sólo se contemplará un universo sólido, al estilo de Parménides, y carente de información.

Interesa distinguir, por otro lado, *equilibrio* de *equilibración*. Aquellos sistemas que presentan una estructura fija -definitiva, diríamos-, manifestarán un comportamiento tendente a compensar los desajustes internos como consecuencia de ciertas alteraciones. Son los sistemas autorregulados, cuya función es volver a la

regla o patrón establecido, que conforma su propia estructura. Este tipo de sistemas, como paradigma del comportamiento de los organismos, y en especial, del ser humano, ha sido duramente criticado. Los organismos no se rigen exclusivamente por el principio de homeostasis, sino, fundamentalmente, por el de *desarrollo* (Wilden, 1972). Bertalanffy llega más lejos cuando afirma que es la búsqueda de tensiones y no de equilibrios lo que caracteriza al ser humano. Incluso la enfermedad mental puede entenderse como el logro de un equilibrio más *homeostático*. Si la conducta, según este autor, se concibe como una búsqueda de equilibrio, ¿cómo explicar la conducta una vez logrado el equilibrio?. Por otro lado, constata que, paradójicamente, épocas de prosperidad y de *satisfacción de necesidades* son acompañadas de un mayor número de trastornos mentales que otras de conflictos y de desgracias como lo ocurrido en la segunda guerra mundial. (Bertalanffy, 1968, pág. 215-230).

Pero cierto tipo de sistemas abiertos, tales como los organismos, son sistemas en un proceso continuo de *información*, en el sentido, ya apuntado, de sistemas *conformados* por el entorno. Tal circunstancia, -apertura-, los coloca en un estado permanente de desequilibrio, desequilibrio, que en todo momento debe ser superado. Se contempla así, cómo el desequilibrio es la condición del equilibrio; al mismo tiempo que el equilibrio lo es del desequilibrio. Los organismos se diferencian, se complejizan, ganan en información, y con ello se plantean nuevos cometidos. Equilibrio y desequilibrio se explican mutuamente. No puede destacarse el papel de uno sobre el otro. Ya se verá más adelante la importancia de las situaciones de *desequilibrio* o inestabilidad en los procesos de cambio. Parece como si la naturaleza, en su proceso evolutivo, propiciara el cambio que le permitiera llegar cada vez a cotas más altas, pero, al mismo tiempo, fuera asentando sus logros en estructuras estables, como punto de apoyo para posteriores progresos.

Se observa, así, dos tipos de adaptación: *adaptación funcional* o por programa, y *adaptación estructural* (Le Moigne, 1977, pág. 153). A la primera categoría pertenecen los mecanismos autorregulados, -de estructura definitiva-, tales como el termostato o el radar, cuyo esquema de comportamiento consiste en modificar su función en términos de ajuste al patrón o regla establecida, que viene prefijada de forma permanente en la misma estructura del sistema. Por el contrario, los organismos, además de modificar su funcionamiento según las circunstancias, contemplan cambios estructurales, que pueden ser "suaves", a nivel ontogenético, -modificaciones en la estructura reticular neuronal, actuando a nivel de sinapsis-, que es lo que sucede en el aprendizaje; o más "duros", a nivel filogenético, actuando sobre la estructura genética, mediante mutaciones. Los sistemas complejos, fuertemente estructurados, de gran memoria, y de larga vida optarán por desarrollar mecanismos de aprendizaje que facilite la adaptación en base a modificaciones "blandas" de su estructura, que mantengan su supervivencia. Por el contrario, los organismos simples, sin apenas memoria y de corta vida, optarán por una fecundación alta que incremente el número de "ensayos" por vida, y facilitar así, mutaciones, y por ello, cambios estructurales "fuertes".

La noción de equilibración ofrece una nueva dimensión explicativa a los procesos de los organismos. La vida es contemplada así, como un continuo juego de equilibrios y desequilibrios, en el que hay cabida tanto para la estabilidad como para el cambio. De esta forma, entendemos que la crítica de Bertalanffy a la noción de equilibrio como lugar al que tienden los sistemas en su comportamiento, sólo es comprensible cuando se tiene una visión parcial de los hechos.

El proceso de equilibración puede ser equiparado al de adaptación, en la doble vertiente propuesta por Piaget (1965). Los organismos son informados de las demandas del medio, y toman a éste como

regla o patrón, -acomodación-, pero al mismo tiempo, informan, -diciamos, *conforman*-, al medio -asimilación-, según sus propios patrones.

En este sentido, conviene hacer algunas matizaciones sobre el concepto de "medio". Frecuentemente se entiende el medio como una entidad genérica. Pero no se observa por ninguna parte "el medio"; lo que se observa es un conjunto de elementos: objetos y organismos. Cuando se dice que los organismos conforman el medio, y el medio a los organismos, -que es lo que subyace en la dinámica asimilación-acomodación-, lo que se está diciendo es que el sistema total, que engloba todos los elementos, -o mejor, subsistemas-, se va configurando a través de las *transacciones* existentes entre ellos.

Equilibración sugiere un universo dinámico de formas en equilibrio, que se pierden para lograr otras de mayor rango. Hemos definido los sistemas como configuraciones espacio-temporales que presentan un cierto grado de cierre; cierre que garantiza su permanencia, -supervivencia-. Desde esta perspectiva, el equilibrio puede ser considerado como una situación de simetría de tales configuraciones. La llegada de acontecimientos se concibe como ruptura de tal simetría -desequilibrio-. El sistema, entonces, generará nuevos acontecimientos que compensen a aquellos. El resultado será un enriquecimiento progresivo del sistema, -equilibración-. De esta forma, equilibrio-desequilibrio no es más que el contrapunto, a diferente nivel, de aquello otro que puede entenderse como simetría-asimetría.



#### 2.3.4.6.- Equilibrio y energía

Se ha definido la energía como todo aquello capaz de producir trabajo. Existe acción porque existe energía, y a su vez, sabemos de la existencia de la energía por los acontecimientos que se observan. Ambos se explican mutuamente. La energía es el común denominador de los distintos dinamismos que se contemplan en la naturaleza. Es por el momento, una abstracción útil.

El efecto de la energía no puede medirse en términos absolutos, sino relativos. No es el nivel de energía de un cuerpo lo que cuenta, si no su nivel en relación a otro. Y dentro de un sistema será la heterogeneidad energética entre sus diversos componentes lo que propiciará su dinamismo interno. La diferencia entre dos niveles será indicativo de la energía útil; es decir, de aquella que se transforma en acción. "La conversión de energía no es otra cosa que la destrucción de una diferencia" (Prigogine, 1979, pág. 117). En el límite posible, energía útil y contraste -información-, pueden ser la misma cosa.

Cuando la diferencia haya sido superada, dejará de haber acción, y la entropía será máxima. De esta forma, entropía no es tanto ausencia de energía como indiferenciación. Cuando no hay ningún tipo de contraste, nada se puede reconocer, y se carece de información alguna. Este es el paralelismo entre información y entropía. Pero nos preguntamos qué clase de energía puede existir allí donde no hay información de nada, y sospechamos que la consideración de la existencia de energía donde no puede detectarse no muestra más que la resistencia de la mente a que *algo* acabe en *nada*, pero nadie ha sido capaz de mostrarnos esa energía que irreversiblemente se ha perdido. En este aspecto se sigue siendo heredero de la mecánica clásica, en esa concepción del universo de *transmisión*, fuertemente mediaticada por los *sentidos*, en el que todo procede de algo y nada

acaba en nada. Pero en un universo formado por acontecimientos asociados a distintos valores de probabilidad nada impide que éstos ocurran de forma espontánea o que una vez que hayan ocurrido no dejen rastro. Si admitimos el azar como un hecho natural, en el sentido de que se pueden producir acontecimientos espontáneos, esto es; que no proceden de nada, hemos de admitir que otros acontecimientos acaben en nada.

En cualquier caso, estas consideraciones no tienen ninguna influencia en, lo que a efectos prácticos, y menos especulativo, es la energía útil, entendida como diferencia de nivel energético, o diferencia de potencial.

En las próximas páginas nos proponemos hacer una exposición de la relación existente entre la cantidad de energía en los cuerpos y sus posiciones de equilibrio. Comenzaremos con ejemplos sencillos, extraídos de la mecánica, para hacerlo progresivamente extensivo a situaciones más complejas, en la que intervengan los sistemas, en la forma que aquí los hemos entendido. Se verá en qué medida el nivel de energía posibilita distintos tipos de estabilidad, y los efectos sobre el comportamiento de los sistemas cuando a estos se les sobrealimenta o se les roba energía. Nos introduciremos en las nociones de atractor y repulsor. Asimismo, se verá cómo los distintos tipos de estabilidad pueden expresarse cabalmente en términos de probabilidad asociada a acontecimientos.

#### 2.3.4.6.1.- Principio de energía mínima

Las diversas situaciones de equilibrio posibles pueden representarse merced al recurso de la analogía de una bola por diferentes superficies. En la figura 2.23 se ilustran estas situaciones posibles.

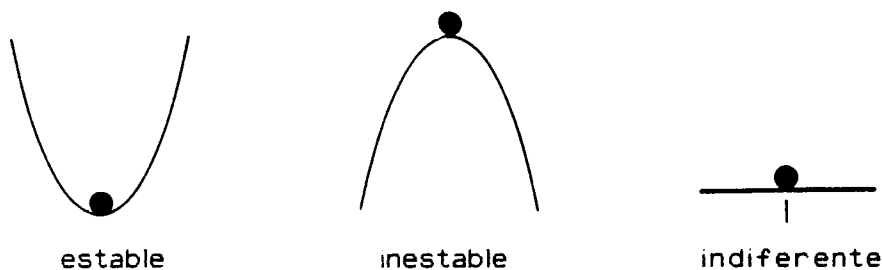


Fig. 2.23

Cuando la bola se encuentra en el fondo de un valle, decimos que presenta equilibrio estable. La razón de tal denominación reside en el hecho de que cualquier perturbación que desplace a la pelota desde el fondo a cualquier lugar de la ladera dará lugar a un retorno al punto de origen. Por el contrario, si la pelota se encuentra en una cima, se mantendrá en equilibrio siempre y cuando nada lo altere, pero la más mínima perturbación la hará rodar pendiente abajo, sin posibilidad de recuperación. Se trata de un equilibrio inestable. Por último, la situación sobre una superficie lisa, la coloca en un equilibrio indiferente, en el sentido de que estará siempre en equilibrio -un equilibrio distinto cada vez-, sea cual sea la perturbación que la afecte.

Las distintas representaciones de la figura 2.23 pueden combinarse entre sí de múltiples formas, dando lugar a una figura algo más compleja, como la 2.24.

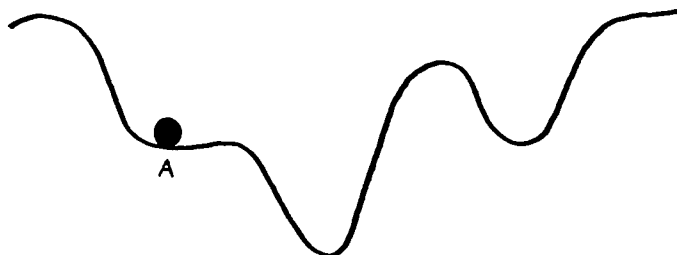


Fig. 2.24

Esta gráfica refleja, de forma más completa, las posibles evoluciones de la pelota, y nos permitirá añadir algunas consideraciones. Se observa una situación distinta a las expuestas en la gráfica 2.23, tal como se muestra en el punto A, que podemos denominar de *semiestable*, en el sentido de que, para ciertas perturbaciones, -cuando la pelota es empujada hacia la izquierda-, el sistema es estable ya que retorna a su punto de equilibrio, pero no es estable para otras perturbaciones, como cuando es desplazada a la derecha. Este gráfico proporciona además, diferentes valles, unos más bajos que otros. El valle hacia el que, en un momento determinado, se deslice la pelota, no será el más hondo, en términos absolutos, sino el más hondo de la proximidad; ésto es, se deslizará hacia el mínimo local o relativo.

La tendencia de la pelota, -es obvio decirlo-, es rodar, en todo momento, mientras sea posible, pendiente abajo. Sólo cuando el conjunto de fuerzas, -descendentes y ascendentes-, se anulen entre sí, la pelota se mantendrá en equilibrio. Buscará su punto mínimo local. Y aquí, el término *buscar* debe entenderse, libre de connotaciones antropomórficas o teleológicas, como una simple condición de desequilibrio en la que se encuentra dicho objeto.

Una forma fructífera de analizar tales situaciones, como nos muestra la física, es hacerlo en función de la energía. Es bien sabido, -y nuestra sensación muscular así nos lo indica-, que subir cuesta más que bajar. En consecuencia, el proceso de elevar la pelota hasta una cima supondrá una cierta aportación de energía. El cuerpo arriba dispondrá del máximo de energía potencial. Si se hace descender por una pendiente hasta el valle, irá perdiendo energía, transformándose en energía cinética, hasta el momento de pararse en una hondonada. En tal punto, su energía potencial será mínima.

Estas observaciones permitirán plantearnos las distintas situaciones de equilibrio en términos energéticos. Los equilibrios estables, -pelota en el fondo del valle-, corresponden a puntos de mínima energía; los equilibrios inestables, -pelota en la cima-, a puntos de máxima energía. Permitirán, además, utilizando este lenguaje de la energía, establecer, junto a Trefil (1983, pág. 46) una serie de principios de cierta importancia, a saber: a) Un equilibrio será estable si cualquier desplazamiento a su punto de equilibrio implica aumentar la energía del sistema; b) Será inestable si al hacerlo disminuye su energía; y c) Todo sistema en la naturaleza evolucionará hacia su estado de mínima energía.

En el caso que estamos tratando, de la pelota, existe una correspondencia perfecta entre su trayectoria real, y el de su potencial energético. De ahí su utilidad como analogía. Pero no hay ninguna dificultad en representar otros sistemas, con otras características, en términos igualmente energéticos, y cumpliendo todos ellos las mismas propiedades. El muelle que se destensa, la tendencia a reaccionar de dos productos químicos o la trayectoria de un determinado planeta, son ejemplos del mismo principio. Como hemos indicado, toda acción no es más que la destrucción de una diferencia. La energía, en cuanto capacidad de acción, sólo se percibe como diferencia de potencial, y no en términos absolutos. De esta forma, es razonable

entender que toda acción en la naturaleza, -el agua que se desliza pendiente abajo, el vapor que asciende, el árbol que crece, o el tigre que caza-, no sea más que la tendencia a igualarse de elementos con diferentes niveles de energía. De esta forma, cuando se dice que todo sistema tiende a su estado de mínima energía, lo que realmente se quiere expresar, es que las diferencias energéticas que existen en su seno, tienden a cero. No es más que otra manera de expresar el principio de entropía que rige el universo. Ya se verá, cómo en los sistemas abiertos, aunque tal tendencia existe, el aporte continuo de energía, generador de diferencias, hace que tal valor de cero nunca se logre, y se establezca en ciertas constantes, mayores cuanto más riqueza estructural presente el sistema, o incluso llegue a aumentar en el caso de sistemas abiertos también a la información.

En la figura 2.25 exponemos, a título ilustrativo, un bonito ejemplo, extraído de Trefil (1983, pág. 48), en el que se contempla el principio de mínima energía dando razón de la forma que debe adquirir una gota de agua cayendo por el vacío. Hay tres posibles formas: "cigarro", "tortita" o "esfera". Si se toma el cociente de los ejes "a" y "b" como indicativos de la forma de la gota, se comprueba que cuando  $a/b=1$ , cuyo valor corresponde a la de la esfera, el gasto de energía es mínimo. La razón radica en que la superficie de la esfera es la mínima posible para una determinada masa de agua, y es por ello, en estas circunstancias, donde se pierde la menor cantidad de energía.

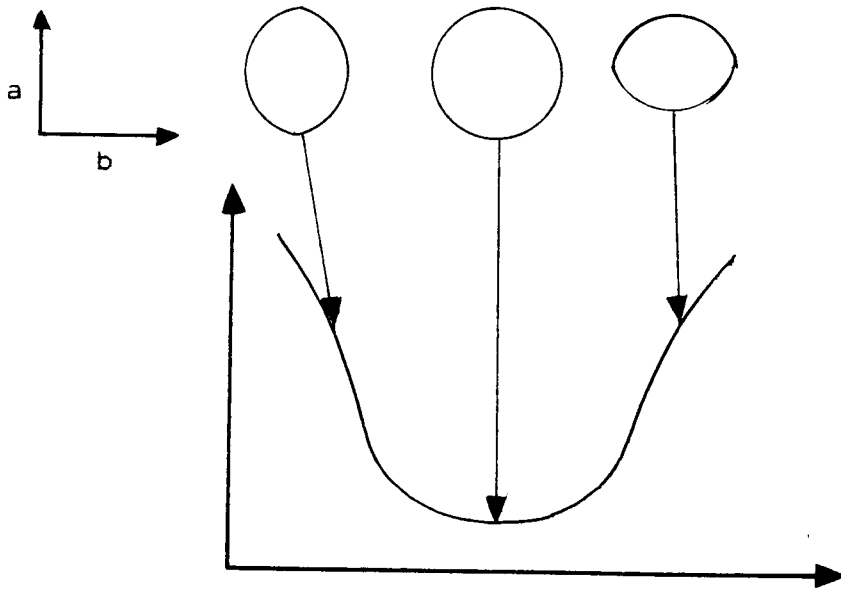


Figura 2.25

Este gráfico muestra que la pelota rodando por distintas superficies no es más que una analogía en la que se cumple el principio de mínima energía, y de ahí su utilidad, pero que lo verdaderamente importante es tal principio. Y que se cumple igualmente, aunque las perturbaciones del sistema no sean desplazamientos hacia hondonadas o cimas, sino, -como en el caso de la gota-, a deformaciones en su superficie. Incluso puede ampliarse a cualquier otro ámbito. De esta forma, la conducta de un animal a comer se explica cabalmente en términos de diferencias de potencial químico y eléctrico en su cerebro y su sangre (Woodcock y Davis, 1986, pág. 51). Y en equivalentes términos podremos explicar la conducta de los humanos, sin que ello signifique una desvalorización de los componentes estrictamente psicológicos o sociales. Lo único que se está diciendo es que cualquier acontecimiento del medio, que afecte a un determinado sistema, producirá cambios o alteraciones en su interior, -químicos, eléctricos o del tipo que sea-, y que el sistema actuará para compensar tales diferencias.

El caso de la pelota, como el del muelle o la gota de agua, sugieren, tal como indican los gráficos anteriores, equilibrios estáticos, en el sentido de que en el punto de equilibrio sólo existe reposo, como consecuencia de fuerzas iguales antagónicas. Ya hemos comentado que tal situación es más imaginaria que real, y ciertas analogías, como el de la bola en el fondo del valle pueden ser válidas siempre que se tomen con las debidas restricciones, y para períodos de tiempo en los que ciertos cambios no sean perceptibles. Pero lo que nos interesa fundamentalmente son los equilibrios en los sistemas abiertos, caracterizados por una renovación continua de energía, y de éstos, especialmente, aquellos, -los organismos-, que presentan además, intercambios de información. En tales casos, los equilibrios son equilibrios dinámicos, -de flujos-, en el sentido, de que al flujo de acontecimientos del entorno que inciden en el sistema, ha de oponerse, por parte del sistema, otro flujo de acontecimientos que anulen los efectos de los anteriores. En relación a éstos, sugeriremos más adelante una analogía más fructífera. Por el momento, pasaremos a comentar la situación de equilibrio, tal como se presenta, en un contexto experimental, de un sistema abierto, extraordinariamente sencillo, pero que nos permitirá profundizar en algunos conceptos fundamentales sobre los procesos de autoorganización en los seres vivos. El fenómeno sobre el que nos detendremos hace referencia a las células de convección que se producen cuando ciertos recipientes con líquido se calientan por su parte inferior. Nos hemos referido a él, en otro apartado de esta tesis, cuando hacíamos mención de las estructuras disipativas de Prigogine, con el nombre de *inestabilidad de Bénard*.

Imaginemos una cazuela rectangular destapada, llena de un determinado líquido, por ejemplo, agua, que es calentada homogéneamente por su parte inferior. La aportación de calor va creando una diferencia de temperatura entre la zona inferior y superior. Al principio, tal diferencia no es muy grande, y el líquido, a nivel macroscópico se encontrará en reposo, aunque, obviamente, a nivel microscópico, se



intentará igualar las distintas temperaturas mediante transporte de calor por conducción de un zonas a otras.

Conforme transcurra el tiempo, tal diferencia irá incrementándose. Por otro lado, debido al calor, las capas inferiores, -más calientes-, presentarán menor densidad que las superiores, -más frías-. A volúmenes iguales, las de abajo pesarán menos que las de arriba. Como consecuencia de ello, y a partir de un cierto gradiente de temperatura, las porciones inferiores de agua iniciarán un proceso de ascenso, desplazando a las superiores, que debido a su mayor peso, descenderán ocupando las posiciones inferiores.

Inicialmente, este intercambio de posiciones se realiza de una forma caótica. Infinidad de partículas de agua caliente irán ascendiendo de cualquier manera, al mismo tiempo, que las más frías, intentarán descender por semejante procedimiento. No es difícil imaginar, en tales circunstancias, multitud de colisiones e interferencias, que impidan realizar el proceso de intercambio con fluidez.

Lo sorprendente del asunto, es que dicha situación no dura mucho tiempo. Al movimiento desordenado e irregular de los comienzos le sucede otro ordenado y regular. Parece como si las partículas se hubieran puesto de acuerdo para actuar de forma coordinada. Haken (1981, pág. 32) lo expresa gráficamente merced a la analogía de los bañistas en la piscina. Imaginemos una piscina repleta de gente, en la que todos ellos tienen que nadar de un extremo al otro. Inicialmente, se estorbarán unos a otros en sus idas y venidas. Por esta razón los bañeros suelen imponer al conjunto de personas un movimiento en círculo, con lo que la natación es más fluída. Sin la intervención del bañero, posiblemente se llegue a la misma situación. Primeramente, lo adoptarán algunos bañistas avisados, para irse imponiendo progresivamente al resto de los nadadores.

Lo mismo sucede en el recipiente de agua calentado por su parte inferior. Al principio, las partículas se desplazan de abajo a arriba, y de arriba a abajo, de forma caótica, interfiriéndose unas a otras; pero poco a poco, se va originando un movimiento circular, primero en unas pocas, para irse ampliando a las restantes. Al final se contemplarán, si se observa desde una de las paredes del recipiente, una serie de *rollos* de agua girando en círculo, tal como muestra la figura 2.26.

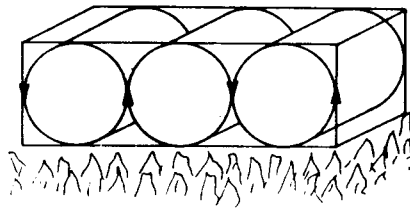


Figura 2.26

Fenómenos como éste han llamado poderosamente la atención, en los últimos años, a los científicos, por cuanto muestran un hecho que contraviene aparentemente el principio general de la entropía, que indica que en la naturaleza los acontecimientos van siempre en la dirección de mayor orden hacia otro menor, pero nunca a la inversa. Lo sucedido, sin embargo, en este experimento es exactamente lo contrario. De una situación inicial de desorden y homogeneidad se ha pasado a otra más estructurada y en la que impera una cierta organización, -orden-, tal como muestra las formas y periodicidades que adoptan dichos *rollos* de agua. En el estudio de este tipo de fenómenos puede encontrarse el germen de explicación de los procesos de la vida, en la medida en que en los seres vivos se manifiesta

exactamente la tendencia contraria de lo que "debería" ocurrir, tal como indica la física. En la vida se presentan procesos de diferenciación y complejización crecientes. Es una tendencia a la heterogeneidad, -no a la homogeneidad-. Por ello, en estos casos, se habla de procesos negantrópicos, o simplemente, negantropía.

No existe, en nuestra opinión, nada de misterioso en tales procesos. Si analizamos el experimento del recipiente sobre el fuego no observaremos ningún fenómeno que no esté contemplado por la física. Los mismos principios que explican el desorden explicarán igualmente el orden. La tendencia de ciertos sistemas a organizarse es la misma que la de la pelota a alcanzar la cuenca. La razón por la cual las partículas de agua se comportan de forma ordenada no es otra que el principio de mínima energía. De todos los movimientos posibles, el que menos gasto energético supone al sistema es el constituido por círculos. En consecuencia, el sistema rodará pendiente abajo, en términos energéticos, hasta alcanzar tal situación. En la figura 2.27 puede observarse cómo evoluciona la curva de la energía potencial en el caso que estamos comentando.

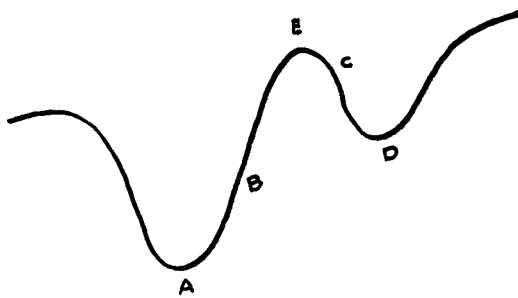


Figura 2.27

En el eje de las ordenadas situaremos el nivel de energía potencial del sistema, y en el de las abscisas, la velocidad vertical que adopta el líquido, tal como sugiere Haken (1981, pág. 34), aunque, en nuestra opinión, dicho eje, para que refleje la situación real, debería comprender tanto aspectos cuantitativos, -velocidad-, como cualitativos, -forma del movimiento-. Así se contemplaría, no solamente, cómo el sistema tiende a estabilizarse en una velocidad, sino también, en una configuración determinada. Para ello necesitaríamos un gráfico tridimensional, en el que la base fuera una superficie que considerara tanto la longitud de determinado vector, -velocidad-, como su ángulo, -grado de separación hasta una configuración óptima-. Por el momento, y por razones de simplicidad, recurriremos al gráfico de dos dimensiones, con las restricciones comentadas. Más adelante, apelaremos a las tres dimensiones, como forma más cabal de representar ciertos fenómenos.

El punto A de dicho gráfico corresponde al punto de equilibrio cuando el sistema se encuentra en reposo. Cualquier perturbación del sistema, -entiendase aquí, calentamiento-, que sea ligera, como llevarlo hasta el punto B, hará que la tendencia siga siendo retornar al punto de reposo en A. Si el calentamiento se hace progresivo, hasta llegar el sistema al punto C, ya la tendencia será estabilizarse en una determinada velocidad y configuración, -punto D-. Tal punto constituye el mínimo local energético de aquella zona. Lo hemos dibujado intencionalmente a un nivel energético superior que el punto inicial A, pero inferior al de sus contornos, para indicar que no es en términos absolutos sino relativos como los sistemas tienden a su mínimo energético. La entropía parece sugerir que todos los sistemas han de tender necesariamente al mínimo absoluto de energía -punto A-, pero no es difícil demostrar que para sistemas abiertos; ésto es, sistemas que son "atravesados" por un flujo de energía, lo que se optimiza es ese caudal de energía que lo cruza. Y que tanto sentido tiene decir que un sistema tenderá a su mínimo energético como que sacará el máximo provecho de su energía disponible. Este es el

reverso del principio de mínima energía, que entendemos es el mismo reverso que el principio de entropía, y que debe ser cabalmente comprendido, para hacer frente con cierta sensatez a los procesos de organización en los sistemas. Este principio ha sido mal comprendido por algunos autores, tal como Bertalanffy, que han querido ver en él la tendencia de los sistemas a no hacer nada, -mínimo de energía absoluto-, y no como, -y ésta es la interpretación correcta-, a hacer lo que hacen, con el mínimo gasto energético, -mínimo de energía relativo-. Desde esta perspectiva se comprende su injustificada crítica a los modelos basados en el equilibrio.

Los sistemas se organizan cuando les son inyectados energía y sometidos a ciertas restricciones. Veremos más adelante cómo no se trata más que del proceso de adecuar la actividad aleatoria que aporta la energía a las restricciones a las que se encuentra sometido el sistema. El resultado es actividad con menor grado de libertad, esto es, organización, -orden-, en el sentido de la teoría de la información. Información no es más que restricción de las probabilidades *a posteriori* de las probabilidades *a priori* (Margalef, 1968, pág. 8). Así pues, el orden a partir del desorden es un proceso de *mas a menos*, de mayor variedad a menor, en el sentido sugerido por Ashby, lo que encaja, precisamente, con el concepto que tiene este autor de *entropía*. De esta forma, no debe sorprendernos que aparezca orden de allí donde no había, como si hubiera ocurrido un *plus* inexplicable; en realidad ha ocurrido todo lo contrario, ha habido una restricción que afecta a las probabilidades de los acontecimientos, como el lenguaje de los adultos no es más que una restricción de la amplia gama de sonidos de los bebés en su fase de balbuceo.

Volvamos, de nuevo, sobre el experimento, que estamos comentando, del recipiente sobre el fuego. Si analizamos el proceso habremos de tener en cuenta que no aparece así como así, heterogeneidad de la homogeneidad. Sólo después de haber introducido energía al sistema,

ocurre tal fenómeno. Algo, pues, debe haber ocurrido al introducir energía, y aquí es donde se encuentra la clave del asunto. La autoorganización, -y nos gustaría pasar a comentar tal término-, sólo aparece después de haberse incrementado la energía del sistema. Inyectar energía al sistema significa aumentar la actividad aleatoria del mismo. Si hemos contrapuesto *azar* a *determinismo* ha sido en el sentido de que en el primero los acontecimientos serán espontáneos, y en el segundo, provocados por algo. Así *azar* equivale a actividad espontánea, -no provocada-. De esta forma, la actividad del sistema es endógena, es *auto*. (Para entender como es así, sólo hemos de librarnos de los esquemas mentales heredados de la mecánica clásica, de la misma manera, que otras veces, para comprender la existencia del cero o del vacío, hubimos de desprendernos de parecidos esquemas). Por otro lado, la actividad aleatoria, -partículas de agua, en este caso-, tendrían todas las posibilidades si no fuera porque están restringidas a un recinto rectangular, sometidas a una determinada fuerza de gravedad, y limitadas por las posiciones y velocidades de las restantes partículas. En estas condiciones es de entender que las partículas no adopten cualquier posición entre las infinitas posibles, si no sólo a aquellas que le permiten las restricciones comentadas, -reducción de grados de libertad-. Otros recipientes, con otra forma, distinto líquido, o diferente fuerza de gravedad, dará lugar a otras configuraciones de los "rollos", o posiblemente, en vez de aparecer rollos, aparezca otra cosa. De esta forma, *autoorganización* no es más que dinamismo espontáneo, -auto-, sometido a ciertas restricciones, -organización-.

La hipótesis de un cosmos procedente del caos, al estilo de los griegos, nos parece la hipótesis adecuada que puede establecerse, desde la nueva perspectiva que proporciona la ciencia del siglo XX, a estas interesantes cuestiones que giran en torno a los procesos de autoorganización de la materia. El azar se constituye así, en el auténtico motor del Universo, fuente de espontaneidad y creatividad. Y el resto es una cuestión de interacción. El dinamismo se despliega

por los cauces, -diríamos, los resquicios-, que deja libre la restricción. Simplemente, los acontecimientos se deslizan por donde encuentran menos resistencia.

De esta forma, el principio de mínima energía sugiere una naturaleza donde todo se desarrolla de la manera más fácil, -más cómoda-, posible. El agua se deslizará ladera abajo, el viento soplará por donde mejor le vaya; la hoja caerá en otoño, y florecerá la primavera; el león dormirá en su cansancio, y cazará cuando tenga hambre. La contemplación de tales fenómenos, -lo extraordinariamente sencillo de la aparente complejidad de la naturaleza-, nos causa profunda admiración. Y tal armonía contrasta con la forma de comportarse de aquel otro elemento, también de la naturaleza, -el ser humano-, que parece más bien obra de un loco que de un Dios.

#### 2.3.4.6.2.- Complejidad y energía

Hemos indicado que complejidad estructural hace referencia al número de partes distintas en un determinado sistema. Su capacidad de transmisión de información guardará relación con el número de aquellas partes que puedan reconocerse. Para que algo pueda reconocerse debe ocurrir algo. Toda ocurrencia implica acción, y toda acción es la destrucción de una diferencia energética. La riqueza de ocurrencias o acontecimientos, -complejidad como organización-, será posibilitada gracias a una cierta dosis de energía.

Hay, pues, alguna relación entre complejidad estructural y energía. No son exactamente lo mismo, pero para valores constantes en otros parámetros, incrementar la complejidad implica incrementar el aporte energético. En el límite, -ya se ha comentado-, para sistemas en los que la miniaturización ha llegado hasta tal punto de

aprovecharse cualquier pequeño cambio energético a nivel subatómico, habrá una completa proporcionalidad entre estructura y energía.

En este sentido, merece la pena volver a ojear la figura 2.26. El punto D, aunque corresponde a un mínimo energético, por cuanto, en dicho lugar, el sistema se organiza según el menor costo de energía, no obstante, está por encima, en cuanto a nivel energético se refiere, del punto inicial A. Tal circunstancia es debida a que organizarse, aunque sea de la manera más económica posible, siempre exigirá algo más de energía que el reposo absoluto. Por otro lado, no es difícil imaginar que, en igualdad de otras circunstancias, incrementar la organización implicará igualmente, incrementar el nivel de energía. La ciudad que se desarrolla invertirá energía, en forma de producción de bienes de consumo, comunicaciones, y otros aspectos; el depredador deberá invertir en una mayor corpulencia y/o velocidad; incluso incrementar la memoria de un ordenador implicará un cierto aporte energético. En definitiva, todo lo que sea incrementar la actividad, -manteniéndose la organización a partir de una posición determinada, supondrá incrementar energía.

El proceso contrario también será cierto. Disminuir la actividad del sistema llevará a éste a una menor demanda energética o, si se quiere, un déficit energético llevará al sistema a simplificar su actividad. Estos procesos deben ser oportunamente considerados para la comprensión de ciertos fenómenos. En el ejemplo de la figura 2.26 se observa cómo al restar energía al sistema, éste pierde su organización adquirida. Y sospechamos, ya que este sistema es extraordinariamente simple, y no se contemplan mayores sofisticaciones, que si se pudiera complejizar, en el sentido de añadir restricciones, bien al recipiente modificando su estructura o bien al líquido, por ejemplo, introduciéndole ciertas sustancias, posiblemente se contemplarían, para diferentes niveles energéticos, toda una gama de organizaciones distintas. De hecho, estas circunstancias se presentan en la naturaleza física, y en sistemas humanos tales como sociología y



psicología. Epocas de sequía, o carencia de nutrientes llevarán a los sistemas a funcionar al *ralentí* o a ensayar otras opciones más económicas, mientras llegan épocas mejores. La carencia de recursos energéticos en una población, -gas o electricidad-, lo sumirá en un estado de casi parálisis. Las enfermedades físicas exigirán reposo, o en todo caso, a organizarse con el mínimo de gasto energético. Una depresión llevara a la persona a descartar, como imposibles, objetivos antes propuestos, y se decidirá por otros más simples. Y virtualmente, su desesperación será máxima, cuando ni siquiera pueda cumplir éstos más sencillos. Situaciones de regresión en tales estados son fácilmente explicables simplemente como función de la merma energética. La regresión puede entenderse así, para ciertos casos, -no todos-, como un ajuste estructural u organizacional, de comportamientos que tuvieron éxito en el pasado, más sencillos, y según las disponibilidades energéticas del momento.

Otra observación interesante de la figura 2.26 nos la suministra los puntos de máxima energía, tal como E. Estos lugares corresponden a las posiciones de máxima inestabilidad del sistema. Recuérdese la analogía de la pelota, y cómo una pequeña perturbación en la cima la hará rodar por cualquiera de las pendientes. Tal circunstancia nos permitirá concluir que habrá inestabilidad allí donde se encuentre un máximo relativo de energía, y estabilidad, donde se halle un mínimo relativo de la misma. Insistimos, como anteriormente, en el término *relativo*. Un sistema puede ser inestable con poca energía, y estable con más. Esto ocurre, precisamente, como acabamos de comentar, cuando se incrementa su organización. La estabilidad no es solamente una cuestión de energía, lo es también de orden, en el sentido de la teoría de la información.

La característica fundamental de estos puntos máximos relativos es que la energía no está *ligada*. Son puntos, -recuérdese el ejemplo del recipiente en el fuego-, en el que el sistema alcanza un máximo de actividad aleatoria. Cuando ésto ocurre, el sistema se

caracteriza por estar formado por acontecimientos asociados a nubes de probabilidad difusa. Por poner un símil, la energía no discurriría por estrechos canales, sino que andaría dispersa por amplias superficies. En estas condiciones, -energía no ligada a acontecimientos de alta probabilidad-, ésta presentaría un sobrante que tendería a liberar; o dicho en otras palabras, el sistema "rodaría cuesta abajo" en busca de su mínimo potencial. De esta forma, lo que caracteriza, en términos energéticos, la estabilidad de los sistemas, no es el hecho de que exista más o menos energía sino en el hecho de que ésta se encuentre ligada. Sistemas con mucha energía serán estables y otros, con menos, serán inestable, o viceversa. En cualquier caso, todos los sistemas que presentan organización serán *dissipativos* de energía, tal como indica Prigogine (1979), en el sentido de que debe haber, de forma continua, una diferencia energética que perpetúe una determinada actividad. Tal diferencia se mantiene constante merced a la continua renovación de energía que presentan los sistemas abiertos. Sin esta aportación energética, la acción sólo sería posible mientras se anula tal diferencia.

El esquema de la inestabilidad en los sistemas, como consecuencia de la energía no ligada o sobrante que contienen, es igualmente válida en psicología. La ansiedad, -ya se verá más adelante que es la condición de la depresión-, es justamente energía *sobrante* o no ligada, y por ello, desorganizadora. La ansiedad tiene el mismo efecto sobre los organismos que el calor en el recipiente comentado. Si el sistema está en equilibrio, lo colocará en desequilibrio, incrementará su actividad aleatoria, y lo llevará hasta un máximo energético relativo. Posteriormente, el sistema podrá optar por alcanzar un nuevo equilibrio superior. Se deslizará pendiente abajo hasta encontrar una cuenca por encima de la anterior -y aquí radica lo positivo de las tensiones, como motor de cambios hacia mejor-, o bien rodará por una ladera,- y aquí su mala suerte-, cuyo final no parecerá tener fin. El sujeto entrará en depresión, y estará sumido en un fondo mas allá del cual no podrá haber otro. En este caso

mínimo energético *absoluto*, el sujeto no encontrará fuerzas, (apenas hay energía), y no podrá remontar el vuelo. En estas circunstancias un aporte de energía será necesario, pero no suficiente. Esto han de tenerlo muy en cuenta las terapias psicológicas, que habrán de poner tanto empeño en energetizar al sujeto como en organizarlo; esto es, conseguir que la energía quede ligada a acontecimientos positivos de alta probabilidad, y no quede así perdida de nuevo. Habrá de proveerlo de energía y de canales por donde discurra, -información-, si careciera de ellos o fueran insuficientes.

#### 2.3.4.6.3.- Inestabilidad y sensibilidad

Los puntos máximos relativos, de máxima inestabilidad, o como diría Prigogine (1979), *lejos del equilibrio*, presentan algunas otras características de interés. Al ser los puntos de máxima actividad aleatoria, -acontecimientos asociados a probabilidades bajas-, serán también los menos informados, y por tanto, los puntos susceptible de aceptar la máxima información posible. Son los lugares donde el sistema puede cambiar, con la mayor facilidad, de estructura -de forma-, en el sentido de la teoría de la información. Son puntos de un notable interés, pues si importante es la estabilidad, no lo es menos el cambio que permite el progreso.

Capacidad de información puede ser asimilado a *sensibilidad*. Efectivamente, los lugares de inestabilidad se caracterizan por su facilidad en ser afectados por las perturbaciones. Los sistemas son más inestables cuanto más pequeñas sean las perturbaciones que puedan afectarles. Esta es, precisamente, la definición de inestabilidad. En consecuencia, un sistema inestable captará mejor pequeños cambios del entorno que otro más estable. En química es característica la situación de inestabilidad que permite a ciertos compuestos

químicos adoptar pautas específicas de conducta, tales como los relojes químicos, de periódica regularidad. Este tipo de inestabilidades químicas han sido estudiados por el posible interés de explicar los mecanismos que dieron lugar al origen de la vida. La materia, en estados muy alejados del equilibrio, es capaz de captar pequeñas modificaciones eléctricas o gravitatorias del entorno, labor que jamás hubiera podido realizar en estado de equilibrio. Prigogine (1979, pág. 23). De esta forma, la vida es fruto del desequilibrio.

La inestabilidad como sensibilidad sugiere que no sólo la estabilidad es lo recomendable. Una ojeada sobre la evolución nos muestra que la vida sufre un proceso de diferenciación y estructuración crecientes, y que tales fenómenos sólo son posibles en sistemas alejados del equilibrio. Ya hemos mencionado que la evolución, tanto a nivel filogenético como ontogenético, corresponde a procesos de equilibración; es decir, de un juego continuo de equilibrios-desequilibrios. Este mismo proceso puede contemplarse en la historia vista como sistema. Los cambios realmente importantes sólo se han realizado, -y no ha podido ser de otra manera-, en épocas de crisis, cuando ciertas estructuras férreas comenzaron a resquebrajarse. Quizás las democracias, -a diferencia de las dictaduras-, sean sistemas más inestables, y radique ahí justamente su fuerza, en cuanto sistemas susceptibles de ser modificados, y por tanto, de progresar. Igualmente la inestabilidad en psicología tiene su importancia. La sensibilidad, y virtualmente, la vulnerabilidad, no son disposiciones que deban atajarse en todo momento. Aquellos individuos que constantemente se manejen en un entorno , social y personal, de fuerte equilibrio, no sufrirán alteraciones, y por tanto, cambios. Por el contrario, aquellos otros que presenten ciertas dosis de inestabilidad, en el sentido que hemos comentado, de encontrarse en una situación relativamente alta de energía no ligada, -ansiedad-, cuyo comportamiento, -también, en términos relativos-, no esté asociado a acontecimientos de alta probabilidad, serán susceptibles de aceptar posteriores informaciones, y serán con ellos, modificables, adaptativos

y progresivos. Igualmente, serán más creativos, en la medida en que en la creatividad hay azar, y por tanto, espontaneidad. En conclusión, parece que lo recomendable para los seres humanos, a semejanza del resto de la naturaleza, sea una cierta alternancia de períodos de inestabilidad con otros de estabilidad. Los primeros propician el cambio, -progreso-, y los segundos, permiten asentarlos.

Cuando se contemplan *a posteriori*, y el sistema sobrevive, todos los cambios se juzgan positivos. Fueron las oportunidades aprovechadas. Pero los sistemas en inestabilidad, -lo veremos ahora-, gozan de cierta simetría, como el ejemplo de la pelota sobre la cima. Cualquier pequeña alteración, -y esto es cuestión de azar-, podrá hacerla rodar por una ladera o la contraria. Una dirección será adaptativa, y la otra no. Al final, y por razones de competencia, sólo se mantendrán aquellas adaptativas. Las otras opciones, si fueran elegidas, llevarían al sistema a su destrucción, desaparecerán, y frecuentemente careceremos de la información de que fue así. Queremos indicar con ello, que a nivel de sistemas particulares, el tributo de la inestabilidad no siempre es el progreso; puede haber regresión e incluso destrucción. Cuanto más globales sean los sistemas más se beneficiarán de tal mecanismo. Perecerán individuos concretos, pero se fortalecerá la especie; o perecerá la especie, y se enriquecerá el ecosistema.

#### 2.3.4.7.- Equilibrios como trayectorias

Llegados a este punto, nos interesa, para una mejor clarificación de algunos conceptos, ampliar en algo, representaciones gráficas del estilo de la de la figura 2.27, que reflejan los distintos tipos de equilibrios en función de la energía potencial del sistema. Recurriremos a gráficos de tres dimensiones que deberán ser interpretados

dinámicamente. Y Aunque pueden hacerse planteamientos con más dimensiones, por el momento, para nuestros propósitos, será suficiente con estos tres.

Nos hemos inspirado, para ello, en el biólogo Waddington (1968), quien utiliza la analogía, denominada por él, como *paisaje epigenético*, y que estimamos de una extraordinaria fecundidad para otros campos, tal como la psicología. Este autor, -ya lo hemos indicado-, fue el creador del término *homeorresis* para referirse a los equilibrios imperantes, -equilibrios de flujos-, en los organismos vivos, frente a aquel otro término frecuentemente utilizado, y más equívoco, de *homeostasis*, que sugiere equilibrios estáticos. En consecuencia, los gráficos de potencial, que hemos contemplado hasta ahora, -recuérdese la analogía de la pelota descansado en la cuenca-, aunque, conceptualmente son correctos con las oportunas abstracciones, sin embargo, pueden ser sustituidos por otras representaciones, más concretas, que sugieren una imagen más plástica de lo que acontece realmente. En tales gráficos, la pelota no reposa en el fondo de la cuenca, sino que ésta se entiende como un surco, -imaginémosnos, el surco de un arado-, y la pelota, en su equilibrio, lo que realmente hace es rodar a lo largo de él.

El *paisaje epigenético* fue elaborado para dar cuenta de los procesos morfogenéticos en embriología. Con ello se proporcionó una analogía formal que diera una explicación satisfactoria a la muy debatida cuestión a la forma de intervenir los genes en el desarrollo de los organismos. En síntesis, los genes marcan las pautas a seguir en el desarrollo embriológico, pero éstos no operan como un mecanismo absolutamente cerrado, sino que están abiertos a ciertas influencias. De una forma analógica, podemos imaginarnos una pelota rodando por un determinado paisaje. En principio, la trayectoria a seguir por la pelota viene marcada por las hondonadas del terreno. Elegirá un determinado surco, tal como expresa la figura 2.28, y la tendencia será desplazarse a lo largo de él. Pero golpes de viento o ligeras

vibraciones del terreno, ocasionalmente podrán sacar la pelota de dicho surco e introducirlo en otro adyacente con otro recorrido. Volviendo a los procesos de morfogénesis, los genes configuran el terreno por donde discurren los procesos de desarrollo, -surcos-, pero ciertas circunstancias ambientales, (campos gravitatorios, campos electricos, ciertas sustancias químicas ..etc), pueden dar lugar a otros procesos de desarrollo; es decir, el discurrir por otros surcos.

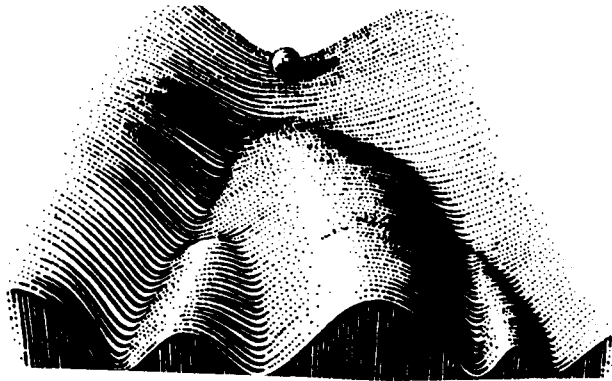


Figura 2.28

El *paisaje epigenético* de Waddington puede ser aprovechado, en nuestra opinión, de una forma fructífera para otras áreas. Guarda cierta semejanza con la forma que hemos ido describiendo, a lo largo de esta tesis, el comportamiento de los sistemas, los cuales se han concebido como configuraciones espacio temporales constituídos por trayectorias de acontecimientos en ciclo cerrado. Las nubes de densidad de probabilidad asociadas a tales acontecimientos eran indicativas del grado de información del sistema. Nubes de gran densidad

mostraban trayectorias estrechas en el discurrir de los acontecimientos, que hacía que estos fueran más predecibles, -en el sentido de la teoría de la información-, que cuando discurrían por otras más amplias. Las trayectorias se conforman, como resultado de las interacciones, por aquellos espacios de menor interferencia, -por donde es más fácil-,. El conjunto de tales interacciones equivale al paisaje epigenético, y las trayectorias a las hondonadas, en el sentido de ser los lugares donde hay menor energía relativa, y por tanto, por donde menos cuesta discurrir al sistema.

Entender los sistemas como configuraciones espacio-temporales, es lo que ha llevado a estudiar a los mismos merced al recurso de representar ciertos aspectos dinámicos del sistema como puntos que se deslizan a lo largo de superficies de diferentes formas geométricas. Se trata de una analogía, que es más que una analogía, por cuanto es actualmente objeto de estudio de una rama tan importante de la matemática como la topología, y que abre unas perspectivas esperanzadoras a la comprensión de fenómenos en los que lo fundamental son los aspectos cualitativos. Recuérdese a este respecto, la teoría de las catástrofes, ya mencionada.

#### 2.3.4.8.- La noción de atractor

Un término comunmente utilizado en la teoría matemática de la estabilidad es el de *atractor*. Tal término hace referencia a los lugares de equilibrios estables hacia donde se dirige la evolución de un determinado sistema. Es el punto de equilibrio del fondo del valle del ejemplo que expusimos inicialmente de la pelota, y es también la trayectoria que marca un determinado surco del citado *paisaje epigenético*. Se denominan *atractores* porque el sistema parece tender hacia tales posiciones cuando se encuentra en sus proximida-



des, de la misma forma que la pelota es *atraída* hacia el fondo de la cuenca. Pero el término *atractor* no debe sugerir acciones "a distancia", y menos aún a planteamientos teleológicos o propositivos. Como ya hemos indicado, tales lugares se alcanzan, simplemente como consecuencia de la situación de desequilibrio del sistema, que le llevará a evolucionar en la dirección que le marca tal desequilibrio, hasta que éste desaparezca. Los sistemas no saben hacer otra cosa mas que "rodar cuesta abajo" por la sencilla razón que, de todas sus alternativas posibles, ésta es la que presenta menor dificultad, -menor costo energético-.

Los sistemas, como consecuencia de sus interacciones, se deslizan a lo largo de ciertas cuencas o atractores. Un sistema será estable cuando el conjunto de sus acontecimientos configuren trayectorias bien definidas, diríamos, cauces bien marcados, en los que ligeros desplazamientos a lo largo de las paredes, harán volver al sistema fácilmente al fondo de la cuenca. Por el contrario, será inestable cuando algunos de los acontecimientos no parezcan tener trayectorias fijas, y éstas se encuentren más o menos desdibujadas. Así, la estabilidad tiene que ver con la información, en el sentido que ya hemos indicado, de que los sistemas muy informados estarán caracterizados por nubes de probabilidad estrechas, frente a las otras más difusas de los sistemas escasamente informados.

Otro aspecto a destacar es que los sistemas, como consecuencia de las distintas conexiones posibles, pueden configurarse de múltiples formas, y adoptar con ello múltiples configuraciones, todas ellas estructuralmente estables. Esto es importante, y tiene especial relevancia en psicología, porque sugiere que no existe una única forma de que los sujetos encuentren sus estabilidad. Esta se logra cuando la variedad de los elementos permite acoplamientos que, diríamos, "encajan" unos con otros. La evidencia más palpable la tenemos en las infinidades de culturas que habitan la tierra con sus distintas religiones, esquemas filosóficos, costumbres .. etc, en las que los

sujetos perviven perfectamente, siempre y cuando las piezas del conjunto ensamblen de alguna forma. En psicología observamos cómo ciertas personalidades sobreviven sin especiales trastornos, siempre y cuando tengan un entorno que se ajuste a ellos.

En psicología, la personalidad puede definirse como el conjunto de atractores , -de trayectorias-, que configuran el sistema. Hablar de trayectorias, más o menos fijas, y de hábitos, es lo mismo. La personalidad queda configurada por conjunto de tales hábitos, como queda, igualmente, configurada por el conjunto de trayectorias. Cambiar de hábitos, -personalidad-, no es más que modificar la configuración de los atractores. Si como hemos indicado, son la formas de las interacciones lo que configuran las cuencas, hemos de concentrarnos en modificar tales interacciones para definir nuevas cuencas. Modificar un sistema es cambiar la naturaleza de sus interacciones, de la misma manera que modificar una estructura es cambiar la conexiones de las piezas. Este aspecto ha sido comprendido por el conductismo, y en este sentido, la deuda de la psicología a Paulov es inmensa.

Pero las cuencas definen las trayectorias, de la misma forma que las trayectorias definen las cuencas. Los acontecimientos se deslizan por las cuencas, peros tales cuencas son también acontecimientos. Queremos indicar, con ello, que los sistemas se configuran también con lo que hacen, y que este aspecto no debe ser descuidado en disciplinas tales como la psicología. Si la biología de los organismos configura su comportamiento, no es menos cierto que el comportamiento también configura, en gran parte, en sistemas tan plásticos como los humanos, su biología. Por lo que la psicología debe actuar sobre las mentes, más que con la mentalidad del técnico que desmonta la radio en búsqueda de la pieza defectuosas, -organicismo-, con la del tutor que estudia las condiciones de adiestramiento de sus discípulos. En este sentido, modificar las conexiones tal como propone la teoría del aprendizaje en psicología nos parece lo más correcto.

*3.- PSICOLOGIA, ENFOQUE DE SISTEMAS Y DEPRESION*

### 3.- PSICOLOGIA, ENFOQUE DE SISTEMAS Y DEPRESION

#### 3.1.- Introducción

En las próximas páginas nos proponemos analizar el fenómeno de la depresión en base a los conceptos desarrollados en el capítulo anterior. Desde esta perspectiva, se entienden los sujetos, igual que al resto de la naturaleza, como sistemas organizados que, aunque de una muy superior complejidad, no por ello, ajenos a ciertos principios comunes de organización.

En esta línea, queremos indicar, que aunque parezca extraño, nuestra concepción de la psicología arranca desde la consideración de la física, y en especial de la biología. Nos hemos inspirado en investigadores tales como Wiener, Ashby, Thom, Prigogine, Waddington o Piaget, por citar los más relevantes. Todos ellos, manteniendo estrechos lazos, de una u otra forma, con la biología, y por otro lado, dotados de una cierta visión integradora de la ciencia que les ha impedido, para bien de todos, encasillarse de forma exclusiva en sus respectivas especialidades.

En este sentido, nuestra visión de la psicología es necesariamente reduccionista. Y entendemos que aquí radica, no su debilidad sino su fuerza, en la medida que siempre es preferible explicar por *menos* que por *más*. No encontramos justificación para proponer teorías complicadas que expliquen fenómenos que pueden ser comprendidos en términos más sencillos. Además el recurso a la simplicidad favorece la generalidad. Las ideas que expondremos a continuación, en torno a la depresión, no pertenecen, en su mayoría, al ámbito exclusivo de la psicología, sino que han sido extraídas del

cuerpo general de la ciencia. De esta forma, la psicología queda vinculada conceptualmente al resto de las disciplinas científicas, con lo que contribuimos a un cierto proceso de unificación que imprima algo de coherencia a la diversidad actual.

Reduccionismo no significa aquí que la complejidad de los organismos quede explicada por las propiedades particulares de los elementos que los constituyen, sino que las propiedades de lo complejo son una *emergencia* que deriva de las particulares interacciones en el seno del sistema, y que ahí se encuentran las razones de su comportamiento, y no en "añadidos" externos que nada tienen que ver con su naturaleza. En este sentido, la psicología, cuyo objeto de estudio son los organismos humanos, debe estar atenta a lo que se sabe de otros organismos y descubrir ciertos principios generales de organización que, incluso puedan dar cuenta de los cambios cualitativos que aparecen en ella. Entendemos que es la complejidad de los humanos la razón de tales diferencias, no a nada "diferente" que escondan en sí. De esta forma, del estudio de lo simple puede llegarse, tras sucesivas complicaciones a la comprensión de lo complejo.

Los planteamientos que se harán de la depresión son, por ello, planteamientos generales. La depresión será entendida como un subpartado de la estabilidad de los organismos, inserto todo ello en el proceso general que lleva a éstos a la adaptación. Los conceptos desarrollados en el capítulo anterior en torno a las nociones de sistema, realimentación, información y control encuentran en éste una aplicación, que entendemos, puede resultar clarificadora. A este nivel nos desenvolveremos a lo largo del presente capítulo. No nos interesa tanto una descripción pormenorizada, con profusión de citas, de los distintos modelos de la depresión, como una visión coherente de la misma. Nos interesa desarrollar unas pocas ideas, que en su desarrollo, den cabida a las distintas facetas que presenta dicho fenómeno. Así pues, no encontrará el lector especializado en el tema de la depresión, ninguna aportación específica, sino tan sólo una

visión global de la misma desde los conceptos que venimos exponiendo en este trabajo.

La depresión es concebida como un estado especial de desequilibrio al que se llega tras un cierto proceso. Nuestro interés se centra precisamente en tal proceso. Incluso lo que acabamos de denominar "estado" de depresión es, si se contempla desde su interior, un proceso merced al cual se mantienen ciertas conductas en círculos viciosos. Nos centraremos, pues, en el estudio de los *procesos* de la depresión, en consonancia con la concepción dinámica que tenemos de los sistemas, y en la convicción de que explicar algo es "dar cuenta" de lo que ocurre, y no el fácil recurso, frecuentemente utilizado, de poner una simple "etiqueta".

La idea fundamental que desarrollaremos como origen de la depresión se centra, -desde el esquema general de la adaptación-, en la incapacidad de los sujetos por mantener el ajuste necesario entre su propia variedad y la variedad del medio. La depresión viene como consecuencia de las alteraciones emocionales, si éstas son persistentes, -ansiedad-, cuando los sujetos perciben que no disponen de la respuesta adecuada a ciertas perturbaciones del medio que ellos estiman como vitales. En otras palabras, como consecuencia de la percepción de la falta de control sobre el entorno. En este sentido, coincidimos con la versión de Seligman, aunque, como se tendrá ocasión de comprobar, nuestra noción de control, -inspirada en la cibernética-, presenta planteamientos más generales que los de dicho autor.

Es nuestra intención, antes de exponer los procesos que dan lugar a la depresión, ofrecer una imagen del comportamiento humano a la luz de los conceptos desarrollados en el capítulo anterior. Partiremos de la consideración de los sujetos como sistemas, a su vez, integrados en otro sistema de orden superior que constituye el sistema sujeto-medio. A tal esfuerzo dedicaremos las próximas páginas.

### 3.2.- El sistema sujeto-medio

Hemos concebido el universo como un gran organismo, que a diferencia de las máquinas, genera su propia dinámica. La realidad se contempla como una gran totalidad englobando un conjunto de totalidades que, a su vez, engloban a otras, y así sucesivamente. Partiendo del punto de referencia, arbitrario que es el planeta Tierra, observamos un ecosistema que engloba numerosas organizaciones de organismos de diferentes tipos: humanas, animales, vegetales. Organizaciones amplias como las naciones engloban otras de menor rango: provincias, ciudades, pueblos, barrios, familias ..etc. Al mismo tiempo, los individuos que conforman tales organizaciones, constituyen organismos, a su vez, compuestos por órganos, formados éstos por células, y así sucesivamente.

En este contexto, se entienden los organismos humanos como sistemas que engloban a otros sistemas, y que a su vez, son englobados por otros sistemas de rango superior. Por ello, mejor que hablar de los sujetos y el medio, como si fueran cosas distintas e independientes, preferimos hablar del sistema sujeto-medio, por cuanto ambas entidades pueden ser contempladas como englobadas en un mismo sistema. Donde hay interacción de elementos hay circularidad de eventos que hacen distinguir a ciertas agrupaciones de acontecimientos como una totalidad, en el sentido de que acontecimientos en círculo indican permanencia en contraste con aquellos sucesos que se diluyen, de la misma forma que son los procesos en círculos de los remolinos del agua lo que hace que sean reconocidos como *algo*, con cierta permanencia, del resto del torrente. Entre los sujetos y el medio existe interacción, -realimentación mutua, diríamos-, por lo que el cierre que imprime tal circularidad de eventos hace reconocerlo como un sistema.

Delimitar las fronteras de un sistema es siempre establecer un corte arbitrario, aunque necesario, en aras de una cierta posibilidad de análisis. No existen sistemas independientes, en el sentido de que no reciban ninguna influencia del exterior, y al que no influyan de alguna forma. Como se ha indicado, tales sistemas deberían carecer de entorno, y tal circunstancia sólo se cumple en el universo considerado en su conjunto. Pero sí pueden establecerse diferentes niveles de intensidad en la interacción, y distinguir, con ello, distintos niveles de sistemas. La siguiente figura ilustra lo que queremos decir.

Figura 3.1

Esta figura, como se recuerda, es la misma que la 2.8. Indicábamos, entonces, que el sistema, -llamémosle ALPHA-, estaba constituido por los elementos en interacción A, B, C y D. Mientras que E y F se definían como el entorno de tal sistema, por cuanto la relación que presentaban con el mismo no era bidireccional, sino unidireccional; bien influían al sistema, como en el caso de E, o eran influídos por él, como en el caso de F.

No obstante, nada impide que, a su vez, E y F mantengan algún tipo de interacción, posiblemente más débil que en el interior del sistema, pero que da lugar a que se presente una nueva circularidad,



que hace que a ciertos efectos, tal conjunto se pueda considerar como un sistema. De esta forma, lo que es entorno queda integrado en un nuevo sistema, o si se quiere, el sistema inicial queda ampliado. Así, un sujeto es un sistema, pero también lo es la familia en la que se encuentra integrado. En este sentido, la figura 3.1 puede ser complicada algo más, como se ilustra a continuación.

### Figura 3.2

En este caso, la acción de E sobre el sistema ALPHA podemos considerarla como procedente de un punto de otro sistema, llamemosle BETA. Asimismo, la acción de ALPHA sobre F la concretaremos sobre otro sistema, por ejemplo, GAMMA. Observamos así, una circularidad de orden mayor que contempla un conjunto de circularidades. Un sistema de subsistemas. El grado de coherencia será mayor cuanto más interior sea el sistema. Los lazos de unión entre dos organismos serán más débiles que los existentes entre dos órganos cualesquiera, por ejemplo, corazón y pulmones, de uno de ellos. Pero, a su vez, en el interior de un determinado órgano habrá más coherencia que la existente entre dos de ellos. Por ésta razón, frecuentemente es difícil, desde la perspectiva de un cierto nivel, distinguir sistemas de orden superior a tal nivel. Los humanos, así, desde su perspectivas particulares, se sienten seres independientes, autónomos, y hablan del "individuo" y el "medio", pero no se entienden a sí mismos subsumidos

en entidades superiores. Pero basta una perspectiva superior como la contemplada desde la historia o la sociología, para comprender la unidad en la que estamos inmersos.

La realidad queda configurada, con ello, como un sistema de subsistemas jerárquicamente organizados. Los sistemas superiores se nutrirán del dinamismo de los inferiores, y éstos, a su vez, de otros más inferiores. En la medida en que los sistemas deben presentar una cierta constancia que les permita distinguirlos de un medio más fluctuante, conforme ascendamos en la escala observaremos, por cuanto las entradas de unos son las salidas de otros, sistemas cada vez más estables, menos fluctuantes, o como diría Margalef (1980), de menor tasa de renovación. Los sistemas superiores podrán prescindir de ciertas "piezas" sin que peligre su supervivencia, cosa que no ocurrirá, precisamente en esas "piezas". El organismo humano sobrevivirá a pesar de la continua mortalidad de sus células, y los colectivos sobrevivirán a las muertes de las personas particulares.

La figura 3.2 nos resultará útil para comprender la posición que ocupa el ser humano en su contexto. Los sujetos son sistemas que mantienen relaciones con otros sistemas, frecuentemente circulares, lo que da lugar a que se contemplen circularidades más amplias integradas por sujetos como subsistemas de un sistema de mayores dimensiones. La consideración del ser humano inserto en el sistema sujeto-medio sugiere, -circularidad de eventos-, interacción entre ambos subsistemas. Las fronteras de los sujetos son precisamente las fronteras de los entornos en los que se encuentran, y establecer de qué "lado" procede la acción es tan sólo una cuestión de perspectiva

Cuando se contempla un sistema como el de la figura 3.1, en el que se destaca nítidamente dicho sistema de un entorno un tanto vago, compuesto por los acontecimientos E y F, se tiene la tendencia a considerar que llega un "impulso" al sistema, a través de F, que da lugar a una cierta dinámica, que revierte, tras una serie de trans-

formaciones en F. Este es el esquema determinista que entiende que todo cuanto acontece como respuesta de un organismo queda explicado cabalmente por los estímulos que llegan al mismo. Se trata del modelo *robot* o *reactivo* tan denostado por Bertalanffy (1968) y que ha imperado bajo la dominación conductista. En estas circunstancias el papel del sujeto es de un puro transmisor de impulsos. Llega algo a los órganos receptores, y tras recorrer una serie de vericuetos más o menos complejos va a parar a los órganos efectores. Pero en una máquina determinista la variedad de salida, tal como apunta Ashby (1956), no puede ser mayor que la de entrada, así que este esquema no explica los procesos de diferenciación y complejización característicos de los seres vivos. Además, acontecimientos con probabilidades asociadas de un valor de 1 no son susceptibles, tal como demuestra la teoría matemática de la información, de ulteriores ganancias.

Si ampliamos el *nivel de resolución* de la figura 3.1 nos encontraremos con la figura 3.2. Si se sigue utilizando el esquema determinista anterior, donde está F, nos encontramos ahora con el sistema BETA, y por las mismas razones que antes, BETA deberá su dinamismo a algún estímulo que le llegue. No es difícil imaginar que tal estímulo vendrá de alguna parte, que a su vez, deberá simplemente, haberlo transmitido. Al final, cuando nos encontremos con el sistema que engloba a todos los sistemas, éste es el universo, tendremos que admitir bajo la consideración determinista, que el dinamismo de tal sistema es originado por algún acontecimiento exterior. Pero fuera no hay nada, y si hubiera algo sería parte del universo, con lo que nos volveríamos a encontrar con el mismo problema. Es obvio que el esquema determinista no puede ser llevado demasiado lejos sin caer en profundas contradicciones.

En estas circunstancias lo más razonable es suponer como apunta la física actual, (Bunge, 1959) que existe un componente de *espontaneidad* en los sistemas. O si se quiere, que el dinamismo hay que buscarlo *dentro* y no *fuera* del universo. Puede hablarse con

propiedad de *autoactividad* o *automovimiento*, y no sólo en los organismos, sino también en la materia. De esta forma, hay un componente de actividad propia en todo sistema. Y en la medida que existe en el interior de éstos, y los sistemas se relacionan entre sí, se entiende que algún influjo tendrán unos sobre otros. Así, el dinamismo que se observa es el resultado de la combinación de la acción propia de los sistemas, con la acción de los otros sobre éstos. En este sentido, lo correcto cuando se habla del dinamismo de los sistemas, y por ello, de los organismos humanos, es el de *interacción*. Tal término no indica otra cosa que la acción que se observa en los sistemas no es explicable exclusivamente de agentes externos -determinismo-, pero tampoco, por cuanto todo sistema presenta un cierto entorno, por agentes exclusivos internos. Desde la perspectiva del sistema que engloba al sujeto-medio se observan las circularidades que lo definen, y que indican la mutua influencia de toda acción.

Interacción significa influencia mutua, y aquí queremos salir al paso de la tendencia que actualmente existe en psicología de cargar las tintas excesivamente en el otro extremo. La psicología cognitiva parece haber descubierto al sujeto como *procesador activo de información*. Ahora todos se revuelven contra el conductismo y repiten el mismo estribillo. Los seres humanos han dejado de ser reactivos para ser plenamente autónomos. Cualquier sujeto procesa, almacena, organiza, elabora, decide, y no dejan nada para el resto, ni siquiera, para el resto de los humanos que conforman su entorno.

No se niega que el sujeto sea activo, sino tan sólo se le rechaza la exclusividad de la acción, como tampoco se admite tal exclusividad al medio. Ambos son activos, como ambos son pasivos. En toda actividad habrá un componente de pasividad y viceversa. Mas que hablar de un sujeto activo habría que hacerlo como *interactivo*. Y lo mismo vale para el medio. Interactivo significa que la acción sólo es posible *entre*, ésto es, en un contexto de *relación*. Lo que significa que las acciones de los sujetos y el medio no presentan una

relación aditiva, sino, en todo caso, multiplicativa, en el sentido que basta que uno de los componentes valga cero para que el resultado total sea nulo, independientemente de la magnitud del otro componente.

El dinamismo es el punto de encuentro de una relación. Ambas partes son necesarias, pero tal consideración no debe llevar a pensar que la contribución de cada una de ellas es equivalente. Sobre este punto deseamos insistir. Interacción no significa actividad por partes iguales. Unos sistemas tendrán más *peso* o influencia que otros. Por ejemplo, la conducción de un vehículo sólo es posible en un contexto de relación; son necesarios tanto el conductor como el vehículo, pero en el análisis de la acción concederemos primacía al conductor.

En la relación que mantienen los seres humanos con el entorno no debe hablarse de *reactividad* o bien, de *autonomía* en términos excluyentes, pero sí pueden establecerse *primacías*. Tampoco pueden hacerse afirmaciones generales sobre la magnitud de tal primacía, en el sentido de considerarla mayor en el ser humano que en el entorno, o al revés. Depende, en cada momento, del contexto al que nos referamos. Frente a un objeto, digamos una silla, las posibilidades son máximas. Algo menos, aunque aún grandes, respecto a organismos subhumanos, y el tema es algo más complejo frente a organismos de nuestra misma especie.

Un sujeto activo es, en nuestra opinión, no un sujeto que presenta actividad o dinamismo, sino un sujeto que *genera* acción. La misma sintaxis distingue entre sujetos agentes y pacientes. La acción es la misma, pero uno la produce y el otro la recibe. Distinguimos el dinamismo en los sistemas que es *transmitido* del que es producido *espontáneamente*. Cuando el dinamismo de un sistema se explica completamente por la acción de otro diremos que alcanza el máximo de pasividad. Este es el caso que mencionábamos anteriormente del

vehículo manejado por un conductor. La clave radica en que la variedad de salida no es mayor que la de entrada. Puede establecerse una correspondencia perfecta entre los movimientos del conductor y el desplazamiento del vehículo. Se trata de una máquina determinista. Por el contrario, los organismos son algo más complejos, y las transiciones de unos estados a otros se presentan con probabilidades menores a 1. El hecho de que haya componentes aleatorios en su interior es lo que hace que el *output* no siga las mismas secuencias que el *input*. La variedad puede ser distinta e incluso superior, con lo que ha habido ganancia de información. Sólo así se explican los procesos de complejización de la vida. Como se mostró en el tema anterior, los sistemas cuanto más complejos estructuralmente, más variedad de conducta presentarán, y por tanto más capacidad de decisión. En términos de espontaneidad esto es lo que cabe esperar de sistemas ricos estructuralmente pero con probabilidades de transición asociadas de valores medios. En este sentido, la cuestión de qué sistema será más activo cuando está en contacto con otro no es difícil: será el sistema con mayor capacidad de decisión, ésto es, el más informado.

De esta forma queda resuelto, en nuestra opinión, el problema del grado de autonomía, (y porqué no, de libertad, en cuanto capacidad de elección) de los seres humanos. En principio no son activos ni reactivos, sino interactivos. Y el protagonismo en tal interacción depende del grado de información, no en términos absolutos, sino relativos frente al otro sistema en interacción, en el sentido de que aquel que presente más variedad podrá absorber la del otro, por tanto controlarlo. Así, actividad es controlar y pasividad, ser controlado.

### 3.3.- Conducta como proceso

Coincidimos con Wittgstein (1918) en un mundo constituido por hechos, no por cosas. O como afirma Wagensberg (1986, pág. 11), "las cosas, sencillamente, ocurren". Sabemos de las cosas por sus propiedades (color, olor, textura, peso ..etc). Y las propiedades no son más que nombres a formas de comportamiento (Ashby, 1956). Conocer algo es establecer una relación entre el observador y lo observado, en cuyo seno ocurre algo.

La psicología ha hecho bien en hacer explícito "lo que ocurre" como su objeto de estudio. En este aspecto debería ser un ejemplo a seguir por otras disciplinas. Es la conducta lo que interesa; ésto es, hechos. En última instancia, todo puede ser reducido a conducta. Conducta es lo que un sujeto hace. Por otro lado, los hechos se suceden en el tiempo y en el espacio, y constituyen, de esta forma, procesos. Así pues, conducta puede ser asimilado a proceso o, si se quiere, a flujo de acontecimientos.

No es que todo pueda ser reducido a conducta, es que es conducta lo único que se encuentra cuando penetramos en el interior de las cosas y queremos saber lo que son. Es, diríamos el último nivel de descripción posible. Hasta éste último pueden ponerse etiquetas (que son las cosas), pero llegado un límite, ya no es posible, y si se hace es necesario recurrir a un nivel inferior. Un ejemplo resultará clarificador. Supongamos una lesión de riñón. Para empezar, sabremos de tal lesión por sus "manifestaciones"; ésto es, dolor, exceso de ácido unico, o lo que sea. No es suficiente decir que lo que ocurre es porque el riñón está dañado. Hay que recurrir a otro nivel descriptivo de esa lesión; hay que indicar el proceso -conducta- por el que se ha llegado a tal lesión. Si, a su vez, descubrimos en dicho proceso, alguna otra malformación de cualquier elemento que intervenga en el proceso, habrá que analizar, de nuevo, el proceso que da

lugar a que tal elemento sea así y no de otra manera. En última instancia explicar es describir procesos según cierta lógica.

De esta forma, *cosa*, es lo que se observa desde fuera, y *proceso* es lo que se observa desde dentro. La realidad parece estar constituida por módulos que engloban a otros módulos, como en la programación estructurada. Desde un módulo determinado, los inferiores parecen cosas. De hecho, en tal tipo de programación se refiere a ellos con un nombre o "etiqueta". Pero si nos introducimos en el interior de cualquier módulo, observaremos un nuevo proceso. Así puede afirmarse que lo que es la realidad depende del nivel de descripción que adoptemos, o si se quiere, de la perspectiva en que nos situemos. Cuando observamos su cara "externa", la realidad parece configurada por cosas, y tal conjunto se nos presenta como una gran estructura; cuando contemplamos su cara "interna", todo son procesos, todo es conducta, y se nos manifiesta como una gran organización.

Nos interesa la psicología desde la perspectiva de su cara "interna". Las etiquetas son necesarias porque simplifican la descripción a un cierto nivel, pero hay que "dar cuenta" de las etiquetas. La psicología la entendemos como descripción de conductas, y en la medida que conducta es sucesión de hechos en el tiempo y en el espacio, la plantearemos como proceso o flujo de acontecimientos. Plantearlo como proceso nos parece especialmente adecuado, por cuanto nos permite, por un lado, utilizar el instrumental matemático que supone el cálculo diferencial, -flujos-, y con ello, los modelos basados en la dinámica de sistemas, y también, el cálculo de las probabilidades, por cuanto a un acontecimiento -evento o suceso- puede asociarse una probabilidad.



### 3.4.- Relaciones causales

Entender a los seres humanos como sistemas integrados en otros sistemas de orden superior implica que sus *acontecimientos* presentan una cierta circularidad con su entorno. Acontecimientos del entorno y del propio sujeto configuran un mismo círculo, o si se quiere, comparten un mismo ciclo. En consecuencia, las acciones en cualquiera de los bandos lleva un camino de ida y vuelta. Por otro lado, nos hemos referido a los sujetos como ni exclusivamente activos ni pasivos, sino como interactivos. La acción se concibe como una relación en la que ambas partes intervienen. Pero esta relación no es el punto de encuentro entre dos actividades *transmitidas*. Ni el sujeto ni el medio se limitan a transmitir, ya que habría que buscar fuera de cualquier realidad todo principio causal, sino que ambos producen actividad. Admitir como activo a cualquiera de ellos implica admitir a ambos, lo que lleva no sólo a la interactividad sino a la admisión de eventos espontáneos, por cuanto los conceptos de sujeto y medio son relativos. No existe "el sujeto" y "el medio". Lo que se contempla es un conjunto de sistemas, y desde cualquiera de ellos el resto es el medio, como dicho sistema es medio para cualquier sistema del resto. Si se admite que el medio es la parte activa, (y los sujetos reactivos), también deberá serlo el sujeto cuando éste sea medio de algo, y si lo que es activo es el sujeto, también lo será el medio cuando el sujeto esté ahí. En conclusión hablar de los sujetos como interactivos, implica la participación activa, en diferentes grados del sujeto y el medio. Estos "diferentes grados" hacen referencia al nivel de información contenida en cada uno de los bandos. Puestos en contacto dos sistemas A y B, el sistema total A+B será determinado, (si determinación implica causalidad), por el sistema mejor informado.

En estas circunstancias, la noción de causalidad resulta un tanto vaga, La circularidad de acontecimientos convierte a numerosos pro-

blemas del tipo del "huevo o la gallina". Si la acción de A se agota en B, y la de B en A, según el grafo A B no hay forma de saber cuál es la causa de cual. Si hubiera un acontecimiento C que incidiera sobre tal binomio, se podría concluir que la causa de ambos es C, pero podría ocurrir que C, a su vez, estuviera dentro de cualquier otro círculo, lo que obligaría a recurrir a una instancia superior que lo explicara, instancia que a su vez, estará implicada en otro círculo.

De esta forma, el problema de las causas es un problema de asimetría y de acotación de la realidad en marcos espacio-temporales de dimensión limitada. Efectivamente, la noción de causa implica asimetría entre lo que se entiende por causa y por efecto (Bunge, 1959, pág. 162). Para que A sea causa de B, la acción de A ha de afectar a B, pero no al revés. Por otro lado, las asimetrías se detectan en función de las acotaciones que imprimamos al sistema. Distinta acotación presentará diferente asimetría, y por tanto, distinta "causa". Las causas, cuando se dan encadenamientos de eventos, es siempre el primer eslabón.

El primer eslabón en todo sistema es siempre el acontecimiento que afecta al sistema pero no es afectado por él; ésto es, un acontecimiento del entorno. Es justamente el evento "E" de la figura 3.1. Tal evento es el que rompe la simetría del sistema, el que lo desequilibra. El sistema se comportará intentando recuperar su equilibrio perdido, y en este sentido diremos que "E" es la causa. Pero si nos situamos en la figura 3.2, lo que rompía la simetría está ahora incluido en un nuevo ciclo, y por tanto, goza de simetría. En esta nueva acotación habrá que recurrir a algún elemento del nuevo entorno que rompa la simetría del sistema. Si seguimos este esquema, y vamos englobando sistemas hasta llegar al sistema total que es el universo, nos encontraremos que carece de entorno. La asimetría que haya en tal sistema no podrá venir de ningún entorno del que carece, luego será producida en su seno. El primer eslabón marca el origen del universo,

y por tanto, su puesta en marcha. Si tal universo se comportase como una máquina determinista, ésta sería su única causa. A partir de entonces todo sería pura transmisión, y por tanto la variedad actual no podría ser mayor que la inicial. Pero, por lo que se sabe, la complejidad estructural del actual universo es muy superior a la de antaño, luego el esquema determinista no vale. Por otro lado, la multiplicidad de formas que contemplamos debió tener algún origen, y éste no pudo haber sido transmitido, por lo que ha debido producirse de otra manera a lo largo del tiempo. Paradójicamente, todo lo que somos, la razón de que seamos como somos, -las causas-, no se encuentran en las leyes del universo que sólo transmiten, se encuentran justamente en lo que no hay de ley, en la no determinación, el azar, la espontaneidad, o como se quiera llamar.

Estas consideraciones ponen al descubierto que el recurso del entorno como explicación para determinar las causas en los sistemas no puede llevarse demasiado lejos. La ruptura de simetría de un sistema puede venir de fuera, pero la razón de que "sólo" viene de fuera implica que todos los sistemas, -y se entiende con ello los organismos humanos-, son máquinas deterministas. Y si lo son todos los sistemas lo es también el universo como tal conjunto. En tales circunstancias, -ya que fuera del universo no hay nada-, hay que admitir la posibilidad interna de cambio, -causas internas-, que de lugar a que los encadenamientos de acontecimientos, no se sucedan de forma rígida, y que invaliden el principio determinista. Y si el universo, en su conjunto, no puede ser determinista, tampoco lo serán los sistemas que lo componen.

Determinar las causas equivale a responder a la pregunta *por qué* con un *qué* correspondiente. Auténtica causa es la que no lleva a otro *por qué*. Este es el verdadero origen. Causa sólo puede ser el *qué* que no es transmitido, ésto es el *que* espontáneo. Los acontecimientos se encadenan, y el *por qué* de un hecho nos remite al anterior, que no es la causa, -en el sentido que

aquí nos interesa-, si, a su vez, deriva de otro anterior. Donde sólo hay ley los *por qué*s se encadenan hasta una Causa primera, que necesariamente ha de ser Dios, o nos vemos sumergidos en el camino sin fin de la regresión infinita. Ambos casos, se salen del ámbito de la ciencia. Es pues, necesario, encontrarse *qué*s dentro del universo que se salgan de la determinación de la ley. Ha de admitirse acontecimientos no determinados, ésto es, espontáneos.

En la *no determinación* se encuentra la explicación de la complejidad del universo actual. Los procesos de diferenciación y complejización de los organismos, tanto a nivel filogenético como ontogenético, muestran una variedad que no se deduce, vía la rigidez de la ley, de la variedad inicial. La teoría de la evolución es una fértil combinación de *azar* y *necesidad*. El *azar* establece el origen de la cadena, y la *necesidad* pone el resto. Obsérvese que no estamos hablando de un universo exclusivamente aleatorio, sino de un universo con diferentes grados de determinación, según el esquema expuesto en el capítulo anterior, en el que se entendía la *ley* como restricción del *azar*. Este esquema lo preferimos, por cuanto da razón tanto del azar como de la determinación. En el primer caso, la restricción es nula, y en el segundo es total. Mientras que el esquema determinista no puede dar cuenta, de forma coherente, de los fenómenos del azar.

Causa es lo que rompe la simetría. La naturaleza tiende al equilibrio -simetría-. Toda acción se entiende como búsqueda de equilibrio. Cuando éste se alcanza, la acción cesa. En consecuencia, en toda acción hay asimetría, y causa, en el sentido de lo que dio lugar a la acción, es lo que produjo la asimetría. Por otro lado, la cuestión de la asimetría se entiende en los sistemas como configuraciones espacio temporales. Los sistemas se configuran en base a la información que reciben. Todos los sistemas son sistemas informados y en proceso de información. Al final, la cantidad de información que contienen se reconoce por la cantidad de partes que pueden

distinguirse. Así, información es estructura o forma. Lo que hace que un sistema cambie de forma, y en consecuencia, pierda la simetría es, valga la redundancia, una nueva información. De esta forma, causa -lo que da lugar a la acción-, puede asimilarse a información.

En resumen, en el esquema sobre el que venimos insistiendo de un universo de sistemas englobando a otros sistemas, las causas se entienden como todo aquello que rompe la simetría de los sistemas. Distinguimos dos tipos de acontecimientos: los que están a lo largo de la cadena, y los que marcan su origen. Sólo los segundos son auténticas causas, aunque los primeros, en su determinación, incidan sobre distintas simetrías, alterándolas, pero que contemplados desde perspectivas más amplias conforman simetrías de mayor rango. Hemos destacado así, un universo con diversos grados de restricción sobre el azar, que nos ofrece toda una gama de acontecimientos, desde aquellos rígidamente sujetos por leyes hasta otros asociados a diferentes probabilidades de ocurrencia, -diríamos, con diversos niveles de espontaneidad-, en el que acontecimientos determinados y no-determinados actúan de forma combinada -azar y necesidad-. Los acontecimientos espontáneos, en tales combinaciones, marcan los orígenes de las cadenas, y por tanto, constituyen sus causas. Todo el *plus* de variedad que ha ido desarrollándose en el universo es debido a ello. Por otro lado hemos asimilado la causalidad y la teoría de la información en el sentido de que toda *fuentes* original del cambio, procede de lo no determinado en lo que acontece y que da una nueva forma -informa- al sistema. Se ha insistido en la consideración de los sujetos y el medio desde una perspectiva global, en la que sólo se contemplan sistemas en interacción mutua. Sujeto y medio son conceptos relativos a la posición de la observación. Tanto en unos como en otros se combinan sucesos determinados y espontáneos. Las causas, en cuanto origen de la acción cabe atribuirse tanto a uno como a otro, pero los sistemas con mayor densidad de acontecimientos, -los más informados-, presentarán más decisiones y serán los más *originales* en el sentido de causa.

### 3.5.- Memoria y aprendizaje

Los conceptos que desarrollaremos en este apartado serán hechos desde la teoría de la información. La memoria la entendemos como la cantidad de información de un sistema -aquí, organismo-, y aprendizaje como los cambios acaecidos en tal información.

Desde la consideración de los sistemas como configuraciones espacio-temporales, la cantidad de información en un momento dado es precisamente la *forma* -configuración- en dicho momento, y aprendizaje, valga la redundancia, las *modificaciones* acaecidas sobre tal *forma*.

Estamos tentados a considerar el aprendizaje como una *ganancia de información*. En este sentido, sería equivalente a aquella otra formulación de *aumento de conocimientos*. Ganancia de información hace referencia al logro de configuraciones más perfiladas, de formas más definidas, en donde las nubes de probabilidad asociadas a los acontecimientos presentan una mayor densidad. Así, informar un sistema, en este contexto, hace referencia al proceso mediante el cual dicho sistema pasa de una configuración *difusa* a otra más *precisa*. Pero pueden contemplarse cambios de una configuración precisa hacia otra más difusa y, a partir de ahí, adquirir una nueva configuración definida. Por ejemplo, un sujeto puede cambiar de ideología política, y evolucionar desde una posición hasta otra, pasando por un período de incertidumbre. Aprendizaje implica también olvido, y adquisición, en su lugar, de nuevas pautas de conducta. Todo aprendizaje que no consista simplemente en perfilar aún más lo ya existente sino que dé lugar a cambios de *forma* obligará al sistema a evolucionar desde probabilidades altas asociadas a ciertos estados hasta valores medios o de *incertidumbre* -pérdida de in-

formación-, para, posteriormente, lograr nuevas perfilaciones. Así pues, el concepto que desarrollaremos de aprendizaje será amplio, no tanto como ganancia de información sino como cambio en las *configuraciones* que los sistemas representan.

Cantidad de información -memoria-, como se indicó en el capítulo anterior, hace referencia al número de partes distintas que pueden reconocerse en un sistema. Equivale a complejidad estructural. Por otro lado, de la complejidad estructural deriva el número de acontecimientos diferentes que pueden ocurrir en un sistema. Recuérdese que la acción es la ruptura de una diferencia (Prigogine, 1983), y sólo en la heterogeneidad es posible. La acción acontece siempre en una frontera. Allí donde hay, como mínimo, dos partes distintas que poder igualarse. Lo contrario es entropía -donde no puede ocurrir nada-. Así pues, la cantidad y variedad de los acontecimientos depende de la complejidad estructural de un sistema.

Debe ocurrir algo para que sepamos que en algún lado hay algo. La estructura es una inferencia establecida a partir de los acontecimientos ocurridos. De esta forma, lo que "dá la cara" es siempre un conjunto de sucesos, y a partir de allí, conjeturamos como podrá ser la realidad. En este sentido, la memoria es un proceso, o si se quiere una forma de organizarse los acontecimientos. En cualquier caso, admitimos diferentes niveles descriptivos de la realidad, que derivan de las distintas perspectivas con que ésta es observada. Así, estructura y función, pueden ser cara y cruz de la misma moneda.

En este contexto, la capacidad de organización de los organismos deriva de su complejidad estructural. Aquí se entiende, de la complejidad estructural de su sistema nervioso. Dicha complejidad ha sido configurada lo largo de los acontecimientos acaecidos en el tiempo. Es una consecuencia de la historia, por un lado, de la historia de la especie -filogénesis-, y por otro, de los individuos particulares -ontogénesis-. Lo realmente importante -lo que no se puede perder- ha

sido reservado a los genes. Lo otro -la cultura- es la "guinda" sobre la tarta (Margalef, 1986). Puede ser una exageración. Lo importante es que los sistemas se han configurado a lo largo de la historia, o si se quiere, son historia, en el sentido de que no son más que el *rastro* de la historia, y que sobre un rastro -filogénesis- se superpone otro rastro -ontogénesis-. Son las huellas superpuestas por dos tipos de historias lo que hace que seamos lo que somos. Lo que ha adquirido la especie no puede perderse con las muertes de los individuos, y es transmitido a través de los genes. Constituyen el *hardware* o si se quiere, la estructura "fuerte" de los organismos. Lo que se adquiere a lo largo de las vidas particulares de éstos, configura un entramado estructural, que no es definitivo, que es susceptible de ser modificado a lo largo de la vida de los individuos -*software*-, y que no permanece en ninguna parte con la muerte de éste, aunque se discute de qué forma, -y de alguna forma debe ser-, cómo lo realmente relevante pasa a los genes.

Cómo la historia configura las vidas particulares de los organismos humanos es lo que nos interesa -aprendizaje-. Digamos, en primer lugar, que el aprendizaje implica la existencia de sistemas neurales plásticos (Bunge, 1980), ésto es, que puedan modificarse. Y esta plasticidad es una cuestión genética. Para la naturaleza, la longevidad es una ventaja por cuanto implica un menor costo energético por unidad de biomasa. En consecuencia, no siempre interesa destruir y construir organismos en espacios de tiempo corto, con la esperanza de que las mutaciones modifiquen su *hardware*, sino que éstos adquieran información a través de modificaciones sobre la estructura "blanda" -*software*- a lo largo de sus vidas. La naturaleza ha invertido para sus mejores productos (y el hombre es su mejor ejemplo), en sistemas longevos, dotados de sistemas nerviosos plásticos, que faciliten el cambio estructural con el mínimo costo energético.



El aprendizaje es, pues, una propiedad de los sistemas neurales plásticos. Tal plasticidad se traduce en la posibilidad de modificación del entramado de conexiones en las redes neurales. Esto es, el aprendizaje implica modificaciones a nivel de sinapsis (Eccles, 1977, pág. 425), en el sentido de que unas conexiones puedan reforzarse, bien, debilitarse, o bien crearse nuevas. Todo ello encaja en el concepto de información, tal como lo venimos exponiendo en este trabajo. Reforzar conexiones no es más que incrementar las probabilidades de transición entre los acontecimientos de determinadas neuronas; debilitarlas, disminuir tales probabilidades; y crearse nuevas, incrementar el "sumatorio" de la expresión, ya conocida de  $\sum \log_2 p_i * p_i$ . Informar un sistema resulta, -recuérdese el apartado dedicado a la información del capítulo anterior-, de incrementar el número de sus estados posibles y de modificar las probabilidades asociadas a tales estados.

La teoría de la información ha sido criticada por algunos autores, como Bunge (1980, pág. 163), por entender que el aprendizaje no resulta de la "congelación" de algunas de las salidas del sistema. En este sentido aprender cosas nuevas implica una ampliación de los *outputs*, y no una restricción como parece sugerir, en su opinión, la teoría de la información.

Si un sistema sólo puede adoptar "n" estados, informar tal sistema sólo es posible incrementando ciertas probabilidades asociadas a algunas de las conexiones y disminuyendo las probabilidades asociadas a otras, (y más informado, si llega, incluso, a desaparecer la conexión, ésto es, asociarle un aprobabilidad de cero). En este sentido, Bunge tiene razón. Pero informar un sistema no es sólo cuestión de abrir y cerrar puertas. Es también cuestión de incrementar el número de puertas. La información no sólo depende de "p" y de "q", también lo es del "sumatorio". Así que Bunge olvida que la teoría de la información, al menos en sus aspectos teóricos, contempla un sistema que en un momento determinado, pueda adoptar "m"

estados, tal que  $m > n$ .

En cómo un sistema que adopta "n" estados pasa a "m" estados, siendo  $m > n$  radica lo intrigante de la cuestión. En este sentido, la teoría de la información no dice nada. Sólo indica que si hay más estados habrá más información. Así que no se equivoca, pues no está respondiendo mal a ninguna cuestión planteada. Lo que Bunge se pregunta es por qué un sistema pasa de "n" estados a un número mayor "m". Detrás del aprendizaje está este supuesto y no simplemente restricciones. La respuesta no puede ser otra que admitir un componente de *espontaneidad* en los sistemas. Efectivamente, ya hemos indicado que en un sistema determinista la *variedad* de salida no puede ser mayor que la de entrada. En consecuencia, bajo tal consideración, jamás podrá haber aprendizaje en ninguna parte, y el universo debería aún conservar su simplicidad inicial. El hecho de que los organismos aprendan, y en ese "aprender" haya más de lo que inicialmente se encontraba, implica que el aprendizaje sólo puede tener lugar en sistemas no deterministas, o si se quiere, que en la redes neuronales existe un componente de *espontaneidad* en todo comportamiento. Como indica Bunge (1980, pág. 91), en la función F de un sistema neuronal hay una parte de actividad espontánea A, y otra E, inducida. Así  $F=A+E$ .

Los estados que adopta un sistema se entienden como emergencia de los procesos que tienen lugar en su interior. El comportamiento *global* observado en todo sistema tiene su correlato a nivel de actividad neuronal, en términos de transmisión de impulsos, a través de las distintas sinapsis, entre una neuronas y otras. Fortalecer o debilitar sinapsis equivale, -en tanto sinapsis significa el paso de *acontecimientos* entre neuronas-, a que ciertas pautas de conducta aumenten o disminuyan. De esta forma puede establecerse un paralelismo entre lo que manifiesta como conducta un sistema y lo que ocurre en su interior, a nivel estructural. Información equivale a conducta y, en última instancia, tenemos información de algo por la conducta

que manifiesta. Las modificaciones habidas a nivel de sinapsis (y posiblemente, también, a nivel bioquímico o eléctrico), se traducen en modificaciones de la conducta. Este es el sentido de aprendizaje como cambio de conducta. Reforzar ciertas conexiones, en el sentido apuntado de incrementar las probabilidades de transmisión de impulsos de unas neuronas a otras equivale a *reforzar* justamente aquellas conductas que derivan de tales conexiones. Nos encontramos así con que la formulación conductista del aprendizaje como consecuencia de distintos reforzamientos coincide con la noción de aprendizaje tal como la estamos exponiendo en este trabajo. Incluso la misma terminología conductista entiende *reforzar* como el incremento de la probabilidad de emisión de una determinada respuesta.

Reforzador es todo aquello que aumenta la probabilidad de una determinada conducta. Esta es una definición operacional que no dice nada de la naturaleza de los reforzadores. Una vez admitido el principio de que toda conducta depende de reforzadores, cualquier transcurso que haya, cualquier modificación que se desee, será cuestión de determinar el reforzador pertinente. Y si no se encuentra, el principio sigue siendo válido. Pero, siempre queda un resto de insatisfacción en toda definición circular, que hace que nos preguntemos por la razón que da lugar a que el reforzador refuerze. Lo que nos interesa saber es por qué los reforzadores, -o mejor, ciertos estímulos-, incrementan las probabilidades de emisión de ciertas respuestas.

Los reforzadores, o más propiamente dicho, los estímulos reforzadores, hay que entenderlos como acontecimientos del medio que *afectan* a los organismos. Esto es, como acontecimientos que alteran la morfología de tales organismos. Pero como hemos indicado todo aquello que produce cambio de *forma* es información. Así pues, el tratamiento que daremos a los estímulos es como información, y los llamados "estímulos reforzadores" como un tipo especial de información.

Pero que algo constituya información no es una propiedad exclusiva de los objetos del medio, también lo es de los sujetos que lo perciben. No es información que nos digan lo que ya sabemos, pues tal "dato" no ha modificado en nada nuestra memoria. La rata que presiona la palanca para recibir comida aprendió en su momento cómo hacerlo, (modificó su conducta-. Pero una vez hecho, si no hay ninguna "novedad", la conducta permanecerá constante y no habrá ningún aprendizaje. Los cambios se internalizan -pasan a la memoria-, y si no hay nuevos cambios, la conducta no se modificará. Lo que es información para un organismo no lo es para otro. Igualmente ocurre con los reforzadores. El reforzador no es exclusivamente una propiedad del medio. Depende de que constituya o no *información* para un determinado sujeto. Además, depende, también, de la "previa" configuración que adopte tal sujeto. Y desde allí se sabrá si es susceptible de modificación o no. La rata saciada presenta una configuración que no será susceptible de modificación mediante la presentación de alimento. Aprendizaje implica conducta distinta. Para que haya acción -conducta-, debe haber una cierta asimetría -rata hambrienta-. Y para que dicha acción sea distinta a la manifestada hasta entonces -aprendizaje-, deben aparecer novedades en el entorno, éstos es, informaciones, que den lugar a distintos tipos de asimetría. Toda acción es la destrucción de una diferencia. El dinamismo sólo es posible en la asimetría energética, o si se quiere, en el desequilibrio. Entonces la pregunta de por qué el reforzador refuerza puede plantearse en términos de por qué ciertos estímulos dan lugar a determinadas acciones. O lo que es lo mismo, qué tipo de información produce tal tipo de modificación que permite recuperarse al sistema de la asimetría perdida.

Información es todo lo que modifica la *morfología* de los sistemas. Los estímulos reforzadores propician el cambio de morfología, y a su través, los organismos logran recuperar la simetría perdida. Los reforzadores refuerzan porque reducen la necesidad, entendida la necesidad en el amplio sentido de aquello que permite a

los organismos ser congruentes con su medio. El reforzador se explica porque cambia y/o se mantiene la conducta. Se traduce en una *vía conductual* abierta, en el sentido que establece Nuttin (1981) por donde se canaliza la necesidad. Con el tiempo, tal vía se justificará a sí misma y devendrá *reforzador secundario*.

La tendencia de los sistemas es, en todo momento, la de mantener su simetría -equilibrio-, pero las continuas informaciones del entorno modificarán su configuración, lo que le obligará a nuevas acciones que permitan recuperar la simetría perdida. En este proceso, al final se van logrando equilibrios cada vez de mayor nivel. La evolución, y la historia particular de los organismos es un continuo equilibrio-desequilibrio tendente, en todo momento, a la consecución de equilibrios de rango superior.

Como hemos indicado anteriormente no es la búsqueda de equilibrio lo importante, sino el proceso de equilibración (Piaget, 1965). Los organismos intentan recuperar el equilibrio perdido, pero la continua llegada de información a éstos propondrá nuevos equilibrios y mejores. Con ello, cambiarán de conducta -aprendizaje-. Incluso no es difícil imaginar que aquellos organismos que *exploran* incrementarán las probabilidades de ser informados, y con ello aumentarán la garantía de supervivencia. Con lo que la naturaleza puede haber dotado a los organismos de conductas de exploración, del mismo modo que de ojos u oídos. De esta forma, aquellos organismos que exploran tendrán más probabilidades de sobrevivir, y transmitirán tal dotación genética a sus descendientes.

El concepto de equilibración que estamos exponiendo, supera con mucho, al de reducción de necesidades o de pulsiones tal como ha sido propuesto por algunos teóricos de la conducta, como Hull (1943). Concebimos un universo dinámico de transformaciones continuas -cambios de *formas*-, donde equilibrio y desequilibrio no son más que dos aspectos del mismo proceso. Un universo, que es un gran sistema,

donde el sujeto es el punto de referencia y el medio el conjunto de organismos distintos a éste. Unos organismos *conforman* (además de autoinformarse) a otros, y la adaptación se entiende como un problema de ajuste mutuo, con informaciones de distinta índole -propias y ajenas-. Nos interesa destacar no el equilibrio como estado, tal como parece sugerir el término *homeostasis*, sino como proceso -*homeorresis*-. Y este proceso es ascendente -*equilibración meliorativa*- (Piaget, 1965), como consecuencia de los diversos niveles de asimetría, cada vez más superiores a los que da lugar la continua llegada de información. Se asiste así, a un proceso de complejización y enriquecimiento del conjunto del sistema, debido a los eventos no-deterministas, -auténticas informaciones-, que configuran el sistema sujeto-medio.

En este contexto, los organismos no aprenden -cambian de forma-, sólo para satisfacer una necesidad o, si se quiere, para recuperar un equilibrio perdido. Los organismos aprenden porque se informan de su entorno e informan a éste a su vez, y tal circunstancia va creando nuevas exigencias, a partir de los equilibrios conseguidos. Y en este juego van logrando cada vez una simetría, ellos en particular, y el conjunto del sistema sujeto-medio en general, de mayor complejidad. Queremos decir que los organismos no se limitan a satisfacer necesidades dadas, sino que ellos mismos, especialmente los humanos, en cuanto seres activos -autoinformados-, las crean. Y en este sentido, satisfacen sus propios propósitos. No se satisface, así, la necesidad desde la necesidad, sino desde la libertad.

De esta forma los aprendizajes se contemplan en el contexto de la interacción sujeto-medio, donde la información no solamente es otorgada de unos organismos a otros, sino también *autogenerada*. Interacción significa que los organismos afectan al medio, y éste a su vez, a los organismos. Y en este juego se va logrando una *congruencia mutua*, progresivamente, de mayor nivel. Tal juego de influencias mutuas, -ya lo hemos indicado-, imprime una cierta

circularidad a los acontecimientos que se generan tanto en los organismos como en su entorno que da lugar a que ambos se conformen recíprocamente merced al proceso de la realimentación de información. Desde la perspectiva de un determinado organismo se observa un mundo estructurado al que adaptarse, o con el cual ser coherente. Y debe emitir, en todo momento, una respuesta adecuada. Una respuesta que no siempre dispone en su repertorio conductual y que se configura en función de las nuevas informaciones -realimentación de información-, que da lugar a nuevas conductas -aprendizaje-.

El proceso del aprendizaje es un proceso en el seno de una interacción. Las informaciones no sólo llegan a los organismos. También son buscadas por éstos. Esta es la esencia de la realimentación. Los organismos tantean, y del resultado del tanteo obtienen la información que les interesa. Al final se imponen los tanteos que fueron exitosos y se incorporan a la memoria del sistema como información. En el futuro, cuando se presenten situaciones parecidas, el sistema sabrá ya cómo responder, pues aprendió, en su momento a hacerlo. Aplicará su repertorio aprendido, y observará las consecuencias. Obtendrá nuevas informaciones con las que producir nuevos ajustes. Se contempla así, cómo los organismos son *sistemas de realimentación dotados de memoria*. Es muy importante la función económica de la memoria. Un sistema sólo con realimentación deberá continuamente andar el camino que ya anduvo. La memoria permite anticipar acontecimientos, sin necesidad de esperar a los efectos -*feedbefore*-. Se prueban conductas ya ensayadas y probadas, y de no ser totalmente exitosas se modificarán en base a la discrepancia observada entre lo logrado y lo propuesto. Pero la memoria no es aprendizaje. Es el soporte del aprendizaje. Un sistema dotado sólo de memoria será permanentemente repetitivo (recuérdense los autómatas de los siglos XVI al XIX, tipo mecanismos de relojería). Sólo hará lo que ya sabe. Es necesario que ocurran cosas nuevas, y que éstas sean incorporadas. En todo aprendizaje hay un componente de novedad que tampoco logra explicar la simple realimentación. Un mundo igual sólo permite

respuestas iguales. En todo aprendizaje -no nos referimos sólo a organismos particulares-, debe haber un componente aleatorio que imponga ese *plus* de variedad tan necesario. En toda adquisición de información tiene que haber un componente de azar, aunque éste sea mínimo. Azar cuando nos referimos a conducta se entiende como tanteo, o lo que algunos autores han denominado como de *ensayo y error*. Esta es la fuente real de todo aprendizaje -cambio de la morfología conductual-, como en los cambios morfogenéticos lo fueron las mutaciones aleatorias. Filogénesis y ontogénesis es lo mismo, a diferente nivel. Obsérvese que hemos dicho *fuentes* del aprendizaje. La espontaneidad marca el *origen* de la información, y una vez lograda ésta, se *transmite*. En este sentido, el aprendizaje por imitación pertenece al terreno de la *transmisión* de la información. Son aprendizajes incorporados en la memoria del sistema sujeto-medio, y que pasa de unos elementos de tal sistema a otros. Pero fue el azar -tanteo no determinado- lo que hizo que emergieran en el sistema, considerado éste globalmente.

Resumiendo, digamos que el aprendizaje exige: a) sistemas no deterministas (donde se pueda generar información); b) dotados de realimentación (que permita configurar la morfología conductual a las exigencias del medio, merced a un proceso de ajuste continuo en base a las discrepancias detectadas entre la configuración actual y la que se toma como referencia); y c) dotados de memoria (donde se puedan incorporar las informaciones, -ensayadas y comprobadas-, para posteriores usos).



### 3.6.- Motivación

Las ideas que expondremos sobre motivación están estrechamente relacionadas con lo desarrollado en los apartados anteriores, y en cierto sentido, no ofrecen una novedad sustancial. Nos será útil para matizar y concretar algunas de las ideas ya expuestas.

En nuestra opinión, el término *motivación* es un término carente de contenido, y debería eliminarse de los manuales de psicología, en aras de una mayor comprensión de la misma y en evitación de continuas redundancias. Si motivación hace referencia, en términos generales, a lo que *mueve* a la acción, el estudio de tal circunstancia debería remitirse al terreno de las causas, que es donde realmente se dan cuenta de la acción. En este sentido, la motivación está sustrayendo a la relación causal lo que le es propio. Preguntarse por el *por qué* de una conducta, las razones por las que ésta tiene lugar, es una cuestión de localización de los factores que la producen, esto es, de las causas.

No obstante, el término *motivación* tiene un peso importante en la psicología. Y aunque es un término confuso sobre el que no parece haber acuerdo (Munduate, 1984), está demasiado introducido como para poder prescindir de él. Además, los planteamientos que desde la teoría de la motivación se dan en la explicación de la conducta, están próximos a nuestras posiciones. De hecho, los apartados que acabamos de desarrollar sobre relaciones causales y aprendizaje, manejan conceptos, tales como equilibrio o necesidad, más propios de la psicología de la motivación que de otros enfoques. En este sentido, por la forma de abordar los problemas de la conducta, es por lo que nos interesa, aunque entendemos que la conducta debe ser estudiada desde las teorías comentadas, y todo lo concerniente a la motivación debe ser considerado como un subapartado de dichos enfoques.

La teoría de la motivación intenta responder a la pregunta ¿qué es lo que da lugar a la conducta?, ¿cómo se produce?. La conducta, como toda acción, se produce -ya lo hemos indicado- en el seno de la asimetría energética -desequilibrio- y no tiende a otra cosa que a hacer desaparecer tal asimetría. Los organismos están motivados, y se precipitan a la acción, cuando presentan algún tipo de desequilibrio interno.

El planteamiento de la motivación como desequilibrio se encuentra más o menos implícito en todas las teorías que tratan este tema (Bunge, 1980; Cofer, 1963; Nuttin, 1980). Las nociones de instinto, impulso, arousal y otras cuestiones pueden ser integradas, sin demasiado esfuerzo, en la consideración de desequilibrios (ver Cofer, 1963, capítulo 16). Lo que se discute es qué tipo de desequilibrios son los relevantes -*teorías de contenido*-, y cual es el mecanismo que da cuenta de su dinámica -*teorías de proceso*-. Especificar cuáles son los aspectos motivantes de la conducta no es nuestro propósito, por el momento, aunque las hipótesis de Maslow (1963) al respecto nos parecen razonables. En cualquier caso, la discusión en torno a los contenidos no empaña lo más mínimo, el principio general de desequilibrio como factor explicativo.

El mecanismo que da cuenta de los procesos motivacionales es básicamente el de realimentación negativa. El sistema se encuentra regulado por un cierto *pattern* o *patrón* que no es más que el punto de referencia al que el sistema debe ajustarse. Un ejemplo típico de mecanismo regulado, ya comentado, es el del termostato. En tal caso, el patrón lo marca la temperatura deseada. Los organismos, a nivel biológico, parecen mostrar el mismo tipo de mecanismo. El hambre, la sed, y otras funciones biológicas como temperatura, presión sanguínea o concentración de distintos componentes químicos siguen el mismo proceso. La acción que tiende a restaurar al sistema el equilibrio perdido se desencadena cuando se encuentra lejos del

patrón establecido. Una vez logrado, la acción cesa. El siguiente esquema sirve de ilustración:

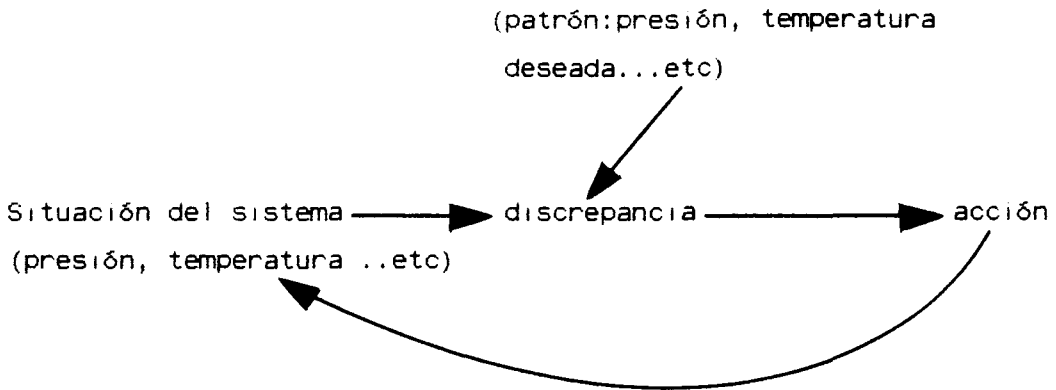


Figura 3.3

Este esquema puede generalizarse hacia otros ámbitos de la conducta. Miller, Galanter y Pribram (1960) desarrollaron un modelo de conducta en psicología que se ajusta a este mismo principio. Dicho modelo viene expresado por las siglas T-O-T-E, que no son otra cosa que las iniciales de las distintas fases del proceso de realimentación (Test-Operate-Test-Exit). El Test es la prueba que marca la discrepancia. Operate es la acción que tiende a anular tal discrepancia. De nuevo, se realiza otro Test, y de ser la discrepancia nula, se sale del sistema -Exit-.

Como puede observarse, es la discrepancia entre el estado del sistema y el estado deseado lo que regula, en todo momento, la acción del sistema. A su vez, la discrepancia viene determinada por el *patrón* establecido. La cuestión fundamental, como indica Nuttin (1980), es precisamente cómo se establece tal *patrón*. El origen

de la conducta no se sitúa en el *Test* de la discrepancia entre el estado actual y el patrón, sino en el establecimiento de dicho patrón. Una vez determinado el patrón, el resto del comportamiento es pura mecánica, y no es difícil elaborar dispositivos que reflejen tal comportamiento. El termostato es un buen ejemplo de ello, pero también lo es algo tan familiar como la cisterna del cuarto de baño. Tales sistemas se regulan en base a la discrepancia existente entre un cierto estado y otro que se toma como referencia, y el mecanismo de su comportamiento resulta esclarecedor para numerosas pautas de conducta observadas en la naturaleza, pero a nadie se le ocurre que tal mecanismo pueda explicar la dinámica de la naturaleza, ya que todos los dispositivos inspirados en la cibernética dan por sentado que "existe" un cierto patrón al que ajustarse, pero no explican la cuestión fundamental, que marca el origen de toda dinámica, y es el mecanismo que da lugar a la creación de dichos patrones.

En el caso de los dispositivos artificiales es obra de los seres humanos. Así, cualquier persona puede decidir libre y voluntariamente la temperatura a la que desea estar y el resto de la dinámica viene condicionado por tal decisión. Pero uno se pregunta por la validez de dicho principio cuando se trata de explicar la dinámica general de la naturaleza, y en especial de los seres humanos. Surgen numerosas preguntas. Plantearemos las más relevantes, y consecuentemente, intentaremos ofrecer una respuesta adecuada para cada una de ellas. En primer lugar nos preguntamos bajo qué criterio y cómo en la naturaleza se han producido patrones que regulan el comportamiento biológico. Pero las cuestiones más interesantes, y que ahora nos toca desarrollar se refieren a los seres humanos. ¿Realmente los seres humanos nos regulamos por patrones que debemos alcanzar?, ¿tales patrones vienen determinados biológicamente?, ¿son fijos?, ¿una vez alcanzados, la conducta cesa?

Los patrones biológicos son producto de la evolución. A lo largo del tiempo se han ido desarrollando organismos dotados de biocontroles rudimentarios, y el medio ha seleccionado los más eficaces (Bunge, 1971). La cuestión de por qué aparecen biocontroles sólo tiene una respuesta, por el momento: el azar. Por otro lado, el comportamiento de tales mecanismos dista bastante de ser intencional. Los organismos tienden hacia sus patrones establecidos, y con ello logran el equilibrio, de la misma manera que la pelota rueda pendiente abajo hasta llegar a la cuenca. Así como la pelota no "busca" la cuenca, los organismos no buscan tal o cual presión sanguínea ni tal o cual temperatura. En este sentido, la cibernética da buena cuenta de cómo el sistema tiende a un cierto *objetivo* sin que haya ninguna intención por su parte. El sistema tiende al punto de equilibrio (punto en el que la discrepancia es igual a cero), simplemente porque no se puede mantener en desequilibrio.

Los seres humanos aunque están insertos en la naturaleza, ofrecen un panorama bastante distinto, panorama, en el que dicho sea de paso, participan algunos otros organismos superiores tales como los primates. Como se ha indicado, los seres humanos constituyen estructuras extraordinariamente complejas y fuertemente informadas. Están configurados por sistemas neurales de gran plasticidad y dotados de una gran memoria y capacidad de aprendizaje. Además de una cierta estructura biológica heredada *-hardware-* inalterable y que corresponde a la dotación genética, dispone de otra estructura, más blanda, diríamos, *-software-* susceptible de ser modificada. Los organismos humanos constituyen sistemas *-ya lo hemos dicho-* en los cuales la naturaleza ha decidido invertir en términos de una mayor longevidad, en donde el costo energético por "pieza" fabricada es menor, y donde la adaptación se plantea, no tanto en términos de destruir y fabricar piezas de distinta forma, como construir piezas que sean susceptibles de cambiar de forma, esto es dotadas de capacidad de aprendizaje.

Además de los *patrones* innatos, cuyo desarrollo hay que atribuirlo al mecanismo de la selección natural -aprendizaje filogenético-, se encuentran otros patrones aprendidos a lo largo de las vidas particulares de los individuos y que depende de las incidencias concretas de sus historias personales. Como se ha indicado, los sujetos configuran el sistema sujeto-medio; mantienen una relación dialéctica con su entorno al que informan y del que son informados simultáneamente. Existe un margen de espontaneidad o, si se quiere, de libertad, que hace, precisamente, que sean susceptibles de ser informados en los términos, ampliamente comentados, de la teoría de la información.

Hay dos aspectos que nos interesa destacar de los seres humanos, que aunque no son exclusivos de ellos, sí lo manifiestan en su máxima dimensión, y pueden arrojar alguna luz sobre las características de los *patrones* que lo regulan. Estos aspectos son: complejidad estructural -memoria- y espontaneidad -libertad-. Tener memoria significa la posibilidad de acumular experiencia, y poder anticiparse a los acontecimientos que ya aprendió. Este aspecto es importante pues significa que no todo van a ser tanteos ciegos; algunos tuvieron buenas consecuencias en ciertas circunstancias, y en circunstancias parecidas, habrá que empezar por éstos últimos. La memoria no es una entidad estática. Presenta una cierta dinámica que permite no sólo reproducir acontecimientos, sino también combinarlos, destruirlos y crear otros nuevos. Tener espontaneidad significa la posibilidad de manejar la información desde la libertad y con ello, obtener un *plus* sobre el producto inicial. Esto es justamente la creatividad: memoria más espontaneidad. En la fantasía hay creatividad porque opera con un margen amplio de grados de libertad. La tienen todos los niños, y algunos adultos que no están demasiado restringidos por los condicionamientos culturales del momento. Pero la creatividad exige una amplia base de datos, como soporte, que permita reconstrucciones insospechadas.

Esta circunstancia -memoria y creatividad- permite a los seres humanos la facultad de crearse *modelos* del mundo al cual ajustarse. Estos modelos son auténticas elaboraciones cognitivas. En términos de Nuttin (1980), constituyen mapas cognitivos (*cognitive maps*). Los seres humanos no vienen regulados sólo por patrones biológicos "dados" sino que crean, desde la libertad, su propio "mundo", donde tienen algún papel que representar. Actúan sobre el mundo, se plantean fines y hacen proyectos. Y el dinamismo que despliegan se explica en base a la discrepancia entre la situación que presentan en la realidad y la que presentan en esa especial elaboración cognitiva. Pero un modelo del mundo nunca es definitivo. Se va configurando a lo largo de nuestras vidas, según la marcha de los acontecimientos. Unas veces se le restan piezas, otras se le añaden, y algunas otras se recombinan de forma especial, como si de una especie de complejo "puzzle" se tratase.

En los seres humanos puede hablarse con propiedad de conducta intencional. Su complejidad estructural se lo permite. De hecho su conducta es más propositiva que otra cosa. Todos tenemos en nuestra mente objetivos que cumplir, y hacia ellos nos dirigimos. Así se explica mejor la conducta, que no provocada por ciertos "estimulos" anteriores. La conducta intencional es consecuencia de la capacidad de representarse en la mente un cierto modelo del mundo al cual dirigirse. Es una propiedad que deriva de la memoria, que permite anticiparse a los acontecimientos, pero de una memoria creativa.

Por otro lado, la acción no se agota en el logro de un propósito, ya que éste proporciona una nueva información, y por tanto, un nuevo desequilibrio. A partir de ahí se elaborarán otros proyectos más ambiciosos, que a su vez, proporcionarán más informaciones. Al final el proceso no parece tener fin. Ya hemos indicado que no es un modelo de equilibrio el que estamos proponiendo, sino un modelo de equilibraciones continuas, consecuencia de las interacciones -conformaciones mutuas- entre el sujeto y el medio. El modelo cibernético que

critica Bertalanffy, cuando se cuestiona qué ocurre cuando el sistema alcanza el equilibrio, es un modelo de equilibrios homeostáticos que nada tiene que ver con lo que estamos comentando. Los equilibrios no se alcanzan nunca porque cuando se han logrado es justamente cuando se han perdido. Equilibración sugiere que los equilibrios se pierden para lograr otros de rango superior. Es un camino ascendente. Los medios se convierten en fines y los fines en medios. El estudiante que se afana por aprobar en junio, tal aprobado será la condición para que se plantee cometidos superiores al siguiente curso. Cuando acabe la carrera se planteará la tesis. Y con ésta, si tiene suerte, logrará la titularidad. El proceso no tendrá fin, aunque para algunos, quizás sí. En un mundo dinámico lo importante no son los estados óptimos sino los procesos óptimos. El funcionamiento óptimo. Paraphraseando a Bertrand Russell, lo importante es prosperar, no haber prosperado. La naturaleza así lo ha entendido, y nos muestra un escenario de transformaciones progresivas. Algunos humanos también lo han comprendido y se plantean cometidos nuevos, -nuevos patrones- cuando ciertos fines han sido logrados. Otros, por el contrario, esconden sus tesoros bajo tierra con la vana esperanza de conservarlos.

En definitiva, la motivación sólo es posible en el seno de un desequilibrio. Los sujetos motivados lo hacen por una carencia que es así percibida por ellos, y que no es más que lo que les falta para ser congruentes con su modelo de mundo proyectado. La cibernética, merced a los mecanismos de realimentación negativa, puede dar cuenta de la dinámica, una vez los patrones propuestos. Pero no dice nada de la creación de los patrones -verdadero origen de todo el proceso-. Desde la memoria y la espontaneidad es posible proceder a la creación de modelos del mundo, donde unos modelos se superponen a otros y se crean a partir de los restos éstos. Sujeto y medio se informan mutuamente, y así asistimos a un proceso de continua progresión -equilibración ascendente- en el sentido propuesto por Piaget (1965).



### 3.7.- Personalidad

Antes de abordar el tema de la depresión nos interesa detenernos sobre un aspecto que entendemos tiene una cierta relevancia: la personalidad. Coincidimos con Eysenck (1972) en que la personalidad es un factor que debe tenerse en cuenta en cualquier tipo de investigación si se desean extraer conclusiones que tengan un mínimo de validez. Estudiar la conducta como función exclusiva de determinadas condiciones ambientales, tipo caja negra, es según este autor, como estudiar genéricamente la conductividad de los metales en función de la temperatura a la que son sometidos, sin especificar de qué tipo de metal se trata. Si se opera con un determinado tipo de metal no podrán establecerse generalizaciones, y si se trabajan con conjuntos de ellos, y se promedian los resultados, las conclusiones no se podrán aplicar a nada en particular. De igual forma, en psicología han de considerarse ciertas características tipológicas de las misma manera que frecuentemente se hace con la edad o el sexo (Eysenck, op. cit.). La personalidad *modula* la relación de los individuos con su entorno, y en la medida en que ésta no puede manipularse y modificarse, al menos en cortos espacios de tiempo, debe ser tenida en cuenta como una variable *interviniente* entre los estímulos y las respuestas.

Nuestro propósito en las próximas páginas será intentar abordar tal problemática. Lo haremos desde la consideración de los sujetos como *procesos*, y tomando como referencia algunas ideas, ya expuestas, de la teoría de la información. Nos inspiraremos fundamentalmente en las ideas de Eysenck sobre las características diferenciales entre extrovertidos e introvertidos, y concebiremos, igual que este autor, la personalidad como resultado de los distintos niveles de activación cortical o *arousal* que presentan los sujetos y que se traduce en diferentes configuraciones del cortex.

Eysenck (1972) supone que entre las personas hay diferencias, a nivel de corteza cerebral, en lo referente al nivel de activación o "arousal". Se trata de una propiedad específica del sistema nervioso -innata- que determina seriamente la facilidad para establecerse conexiones sinápticas, en el sentido de que un alto nivel de activación facilita conexiones en mayor medida que otro de nivel de activación más bajo. Se entiende la importancia de lo que se está considerando ya que es un factor importante que condiciona el futuro proceso de adquisición de información de los sujetos. Aquellos con un nivel de activación alto presentarán mayor facilidad de aprendizaje, y en igualdad de condiciones en otras variables, con el tiempo, configurarán sistemas estructuralmente más complejos -mayor contenido informativo-. De esta forma se dispone de un componente biológico básico que, en principio, puede ser un factor condicionante en el desarrollo de la personalidad. Esta propuesta, por otro lado, no es original de Eysenck sino que se apoya en el modelo soviético de personalidad (Bermúdez Moreno, 1985), donde se hace depender la personalidad, siguiendo la línea marcada por Pavlov, de determinadas propiedades del sistema nervioso, tales como excitación e inhibición, sobre las que no nos extenderemos, pero que, en nuestra opinión sitúan los componentes fisiológicos de la personalidad donde deben estar.

De la configuración de los sujetos, en términos de información, derivará su personalidad. La facilidad para establecer sinapsis como condición biológica innata nos parece sugerente, aunque entendemos que es un factor que interactúa con otros y que es muy probable que sujetos con parecida base biológica configuren personalidades muy distintas como que a partir de bases biológicas parecidas circunstancias particulares en las historias de los sujetos los lleve a configuraciones muy diferentes. En cualquier caso es un elemento a considerar, aunque la personalidad la expondremos en términos de la teoría de la información, y la conducta que expondremos derivará de la especial estructura que presenten los sujetos, sin hacer mención de las condiciones iniciales, aunque reconociendo su importancia.

A título ilustrativo, nos vamos a concentrar, en principio, sobre dos tipologías básicas, que han sido las mayormente consideradas hasta el momento. Reconocemos que hay toda una combinatoria de personalidades distintas, pero no viene al caso agotarse en ellas. Además, la misma lógica del enfoque que expondremos puede dar cuenta cabal de todas ellas. Dejamos para el lector tal labor, como un ejercicio productivo. Estas personalidades fueron descritas ya a *grosso modo*, pero con una gran intuición psicológica por Platón, quien distinguió personas de movimientos rápidos y violentos, caracterizados por su valor e irascibilidad, de personas reservadas y tranquilas, donde predominan la sabiduría y la prudencia. Dentro, ya, de la historia de la psicología, destaquemos la clasificación de Jung, en extravertidos e introvertidos, clasificación que ha sido objeto de un extenso estudio experimental por parte de Eysenck, y sobre la que merece la pena detenerse por unos momentos.

Todos tenemos una cierta idea del significado de los términos *extrovertido* e *introvertido*. Son moneda corriente en el lenguaje coloquial, aunque no siempre manejada con la suficiente corrección. Intentaremos precisar algo estos conceptos, y procederemos, posteriormente, a su análisis desde la perspectiva que nos interesa. Introvertido, en su sentido etimológico, denota orientación de la persona hacia su propia interioridad. En principio, tal definición no sugiere mucho, así que expondremos, sin ánimo de ser exhaustivos, los rasgos psicológicos más significativos que caracterizan a las personas introvertidas. Destaquemos los siguientes: precisión, persistencia, rigidez, lentitud, irritabilidad, memoria, insociabilidad, inflexibilidad, fidelidad y pasividad. Tales sujetos, en caso de trastornos, presentarán síntomas del tipo fóbico, obsesiones y virtualmente, depresión. Las personas extravertidas, por el contrario, manifestarán rasgos tales como: sociabilidad, despreocupación, inconstancia, vivacidad, impulsividad, actividad... etc. Y en caso de sufrir trastornos, presentarán síntomas histéricos.

La razón que explica tal diferencia se debe, en opinión de Eysenck, a los diferentes niveles de activación de la corteza cerebral que presentan los distintos sujetos. Los introvertidos se caracterizan por un nivel alto de activación *-arousal-*, lo que se traduce en una mayor facilidad para establecer conexiones nerviosas; ésto es, mayor aprendizaje. Los sujetos introvertidos serán más condicionables que los extravertidos. Consecuentemente, tendrán más facilidad para adquirir información, aunque también será más fácil que desarrollen una sintomatología fóbica u obsesiva que implica una fuerte ligazón con circunstancias no siempre deseadas. Numerosos experimentos demuestran la mayor condicionabilidad del introvertido - para lo bueno y para lo malo-. Otros experimentos tienen que ver con la influencia del nivel de arousal sobre la ejecución. Se sabe que tal relación tiene forma de "U" invertida, en el sentido de que hay un nivel óptimo de ejecución para valores medios de arousal. Tal como demuestra la propuesta de Eysenck, los sujetos introvertidos, que manifiestan un nivel superior de arousal, presentan mejores niveles de ejecución. Sin embargo, si se les añade una "constante" de arousal en términos de una mayor ansiedad, o por ingestión de drogas estimulantes como la cafeína, rebasan antes dicho valor óptimo de arousal, encontrándose antes que los extravertidos en el extremo descendente de la curva, con un menor rendimiento. Igualmente, el mayor nivel de arousal por parte del introvertido, implicará una mayor sensibilidad, o si se quiere, presentarán un umbral sensorial más bajo, como se demuestra en las experiencias realizadas por Smith (1968), lo que se traduce por parte del introvertido en preferencia de ambientes poco ruidosos, a diferencia del extrovertido, donde su bajo nivel de activación buscará ambientes más estimulantes. Otras experiencias muestran una mejor memoria a largo plazo por parte del introvertido, (y peor a corto plazo), en el sentido de la hipótesis sugerida por Walker (1958) de que un mayor nivel de arousal conlleva un proceso de consolidación de la huella mnémica más fuerte pero que lleva más tiempo en el introvertido, y que si se le exige en un período corto

de tiempo -mientras la consolidación se produce-, no podrán realizarlo. Otras experiencias en torno a la reminiscencia, no han sido suficientemente explicadas, por cuanto la hipótesis de que la consolidación del introvertido es más lenta pero mejor no ha sido confirmada para intervalos de tiempo dilatados.

La hipótesis de que el elemento básico que explica la diferencia entre introvertidos y extrovertidos es el nivel de arousal, nos parece sugerente. Nosotros adoptaremos este mismo punto de partida, aunque nuestras explicaciones presentarán algunas discrepancias con las de Eysenck. Intentaremos dar respuesta al fenómeno de la reminiscencia y a algunos otros aspectos que no han sido tocados por este autor, tal como los rasgos que mencionamos anteriormente de rigidez-flexibilidad, persistencia/inconstancia, obsesión/despreocupación, depresión/vivacidad, lentitud/rapidez ... etc, que caracterizan a los distintos tipos de personalidad.

Mayor condicionabilidad, por parte del introvertido, implica, en principio, la posibilidad de configurar estructuras de mayor complejidad. Igualmente la fuerza de las conexiones sinápticas será superior debido a su mayor nivel de arousal. En estas circunstancias cabe esperar que los sujetos introvertidos contengan más información, en la doble vertiente de complejidad estructural -número de partes distintas- y orden -probabilidad en la transición de las conexiones sinápticas-. Como consecuencia de ello, los introvertidos constituirán configuraciones espacio temporales bien definidas, compactas y de gran densidad de acontecimientos.

Estas consideraciones, en términos de información, nos permitirán explicar las diferencias de comportamiento entre introvertidos y extrovertidos. En primer lugar, el hecho de constituir los introvertidos sistemas más "organizados", no siempre es una ventaja. Como se recordará, un sistema con gran memoria, tendrá experiencia del pasado, y en caso de repetirse los acontecimientos, sabrá cómo responder

sin necesidad de feedback; tendrá conducta anticipativa. Pero tal circunstancia es un inconveniente cuando se trata de responder a estímulos no previstos que implican un cambio estructural. Una fuerte organización implica rigidez del sistema en el sentido de que conexiones muy fortalecidas -gran probabilidad de transición- son de difícil modificación.

Por otro lado, un sistema informado percibirá más y mejor. Información hace referencia al número de partes distintas. Como se recordará, para que un sistema A tenga información completa de otro B, A debe tener, cuanto menos, tanta variedad de estados distintos como B. Un sujeto introvertido, en relación al mundo, distinguirá más cosas como consecuencia de su mayor variedad interna y en consecuencia, establecerá propósitos mejor definidos. En el proceso de adaptación -congruencia de variedades: sujeto y medio-, o si se quiere, control, en el sentido, ya comentado, que supervivencia significa capacidad de emisión de equivalente variedad de respuesta frente la variedad de perturbaciones, los introvertidos se manejarán con mayor precisión. La necesidad de control se planteará con mayor exigencia por parte de los introvertidos, no porque lo extrovertidos no necesiten controlar, que es la esencia de la adaptación, -imprescindible para todos-, sino porque el mundo es para cada cual en la medida que es "percibido", y en esa percepción unos discriminan más que otros. De esta forma, el carácter "obsesivo", que puede derivar del introvertido, y que es una de las tipologías que maneja el psicoanálisis, es consecuencia directa del grado de información de tales sujetos y no una fijación de la etapa anal. En todo caso, aquellos niños con mayor capacidad de discriminación presentarán mayor aprendizaje y adquirirán temprano control de esfínteres, con lo que tal etapa psicoanalítica deviene efecto y no causa.

Los sistemas de estructura compleja -gran número de componentes distintos- tardarán más tiempo en procesar la información como consecuencia del gran número de conexiones. El tiempo transcurrido entre

las perturbaciones y las respuestas será mayor que en otros sistemas más simples. En este sentido cabe calificarlos de "lentos". Lo cual tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Las exigencias de precisión dará lugar a una mayor tardanza en el procesamiento de la información, y posiblemente las respuestas lleguen demasiado tarde, cuando las circunstancias ya hayan cambiado. Por otro lado, mayor complejidad implica que pueda disponer de numerosas respuestas *internalizadas* anticipándose a los acontecimientos ya conocidos sin necesidad de procesarlos. En cualquier caso, corresponden a sistemas que entrarían en la denominación según Margalef (1980), de *tasa de renovación baja* en el sentido de que su proceso de configuración es lento. Tales sistemas tardarán en modificarse. Y esto ocurrirá en un doble sentido. Aceptarán cambios de manera lenta, pero también, de manera lenta lo abandonarán. Son sistemas, en los que su misma *inercia* da lugar a un retraso constante. El sistema se pondrá en marcha tras múltiples interacciones en el interior del mismo, pero una vez iniciado tal proceso, la dinámica interna se mantendrá aún en ausencia de estímulos externos. Este parece ser el caso de los introvertidos, quienes en la terminología de Wundt se denominan *inmutables*, frente a la mutabilidad del extravertido. Tardan más en consolidar la información como muestra su bajo rendimiento en memoria a corto plazo, pero una vez consolidado, tardan considerablemente más en olvidarlo, como indican los experimentos de memoria a largo plazo. Son tenaces, tozudos, perseverantes .etc. Todo deriva de su complejidad estructural, que es más difícil de modificar. Son, por ello también, personas fieles, constantes en sus afectos.

En términos de aprendizaje tendrán mayor facilidad para aprender, pero una vez logrado, tendrán dificultades para efectuar modificaciones sobre lo aprendido, en el sentido de que un sistema muy informado, con una fuerte organización -altas probabilidades de transición-, es poco susceptible de aceptar ulteriores modificaciones. El efecto de reminiscencia, que no es tanto una cuestión de memoria como de "mejora" con el tiempo, demuestra que en los introvertidos no es

superior aunque transcurran grandes intervalos de tiempo. Justamente su "buena" memoria impedirá que las cosas cambien hacia mejor. Su falta de plasticidad dará lugar a que sus respuestas se realicen de forma parecida -repetitiva diríamos- a lo largo del tiempo, y no presenten, por tanto reminiscencia. Obsérvese que el olvido es una de las condiciones del cambio, y tan importante es en el aprendizaje, cuando se trata de escribir sobre páginas ya escritas, que la memoria.

Algunas consideraciones pueden hacerse sobre la energía. Los introvertidos se caracterizan por ser sistemas fuertemente estructurados, de gran memoria. En tales circunstancias, su organización implicará un gran costo energético. O si se quiere casi toda su energía se agotará en su organización, a diferencia del extrovertido que presenta un cierto sobrante de energía. No se trata de energía en términos absolutos sino relativos. Recuérdese, a este respecto, la relación entre aleatoriedad y energía comentado en 2.3.4. En un sistema conformado por acontecimientos de alta probabilidad la energía se encuentra *ligada* a tales acontecimientos, y si se sustrae energía, el sistema se desorganizará. El introvertido tiene invertido, en todo momento, su energía en organización. En consecuencia todo tipo de modificación en su conducta -cambio estructural- obligará a utilizar un *plus* de energía del que no siempre dispone. Esta es la razón por la que tales tipos de sujetos aparecen como *distímicos*, y la tendencia, de haber problemas, es hacia la depresión. Por el contrario, la mayor aleatoriedad del extrovertido -desorganización-, le hará disponer de un cierto sobrante de energía -mayor plasticidad- que podrá invertir en cambios estructurales. Y además, apenas se vería afectado por una cierta merma en su energía, que incluso puede ser beneficiosa, en el sentido de imprimir un cierto orden en sus vidas, al disminuir la aleatoriedad debida al *plus* de energía.



Sistemas complejos fuertemente informados se caracterizan por nubes de probabilidad asociadas de gran densidad. Los acontecimientos se desenvuelven en un marco espacio temporal de reducidas dimensiones. Esta es la situación del introvertido, en el que diríamos que los sucesos ocurren más cerca del *yo*, a diferencia del extrovertido, caracterizado por nubes de probabilidad de gran dispersión, cuya superficie de contacto con el mundo exterior parece ser mayor. Por otro lado, el exceso de energía del extrovertido lo hará parecer como *expansivo*, frente al introvertido que parecerá *replegado sobre sí mismo*. Digamos que los primeros constituyen sistemas *centrífugos* y los segundos *centrípetos*. Unos tenderán a expandir energía y otros a absorberla. Son dos personalidades que se complementan. El introvertido absorbe la energía sobrante -la vitalidad- del extrovertido, en sus exigencias de organización, mientras que éste último, al ceder energía, es organizado, y así imprime un cierto orden -del que se considera falto- en su vida.

### 3.8.- DEPRESION

#### 3.8.1.- Consideraciones generales

Concebimos la depresión como un caso particular de la estabilidad de los sistemas. En la sección 2.3.4 se hicieron algunos planteamientos generales en torno a este respecto -estabilidad en máquinas y organismos-. Es nuestra intención en el presente apartado, extender esta ideas, con las oportunas matizaciones, al ámbito humano.

Los seres humanos configuran ciclos que subsumen, a su vez, otros ciclos de menor rango -sistemas de subsistemas, diríamos-. La realimentación negativa implica que ciertos acontecimientos en el seno de tales círculos compensarán alteraciones provocadas por otros acontecimientos. De esta forma se preserva la permanencia de las *pautas* de comportamiento que configuran a los sujetos, y con ello, se mantiene su integridad. La ligazón que presentan los distintos ciclos entre sí y la inclusión en otros de orden superior, dará lugar a que si, ocasionalmente, en alguno de ellos se carece de las oportunas correcciones, éstas sean asumidas por los restantes, y determinadas variables -las variables esenciales-, correspondientes a los ciclos más interiores se libren de grandes fluctuaciones. Pero, en determinados casos, la magnitud y/o la persistencia de ciertas alteraciones en algunos de los ciclos podrán precipitar al conjunto del sistema hacia la pérdida global de su estabilidad -catástrofe-, o en otros términos, se producirá una depresión.

La noción de estabilidad como realimentación negativa es extensiva a cualquier ciclo que compone el sistema. Quiere ésto decir que la depresión puede surgir como consecuencia de la pérdida de la

estabilidad no solamente de los ciclos en los que participan tanto el sujeto como el medio, sino también de aquellos internos al sujeto. La depresión puede sobrevenir a raíz de un fallo en los mecanismos de regulación interna, de tipo bioquímico, hormonal, neurológico ..etc. De esta forma la depresión endógena entraría también dentro de este tipo de consideraciones. No obstante, queremos indicar que nuestro propósito, por el momento, se limitará al estudio de las depresiones originadas a raíz de ciertos acontecimientos en el medio y que se mantienen merced a una determinada estructura cognitiva del sujeto. Nos dedicaremos, pues, a las depresiones psicógenas, según la clasificación de Kielholz (1972), neuróticas, según la consideración de Wolpe (1981), o a lo que según la clasificación de la DMS-III (traducción castellana, Ed. Masson, 1983) se consideraría como trastornos afectivos menores crónicos.

La depresión se concibe, desde la perspectiva de la adaptación, como la incapacidad por parte del sistema -sujeto- en mantener la congruencia necesaria con su entorno. Los sujetos no se adaptan sólo al mundo físico, sino especialmente, al modelo del mundo por ellos proyectado -mapas cognitivos, en el sentido sugerido por Nuttin (1980)-. Tal modelo no es estático sino que se va configurando a lo largo del tiempo como consecuencia de las interacciones sujeto-medio. La depresión se entiende así como un fallo en los procesos de equilibración.

Hay adaptación allí donde hay equilibrio. Un organismo está en equilibrio con su entorno cuando es capaz de contrarrestar las perturbaciones que se generen en él, en aras de su propia estabilidad. Esto es control. En términos generales, control implica que el sujeto dispone en su repertorio conductual de tanta variedad de respuestas como variedad de perturbaciones pueda haber. Adaptación es ajuste de variedades. Control es la capacidad de disponer, en todo momento, de una alternativa de respuesta. De esta forma -la variedad como control-, se sugiere que la estabilidad de los sistemas guarda relación

con su complejidad, ésto es, con su grado de información. Hacer frente a la depresión es fundamentalmente una cuestión de cómo informar a los sujetos.

La depresión como consecuencia de una situación de no control nos coloca en la misma posición que la postulada por Seligman (1975). Hay una pequeña diferencia de matiz, en el sentido de que para este autor no control implica independencia entre las respuestas de un organismo y sus consecuencias. No se controla cuando ocurre lo mismo se haga lo que se haga. En nuestro caso, no se controla cuando no se acierta con la tecla adecuada, ésto es, cuando no se elimina la perturbación que afecta a la estabilidad del sistema. Ambos planteamientos son equivalentes, pero el que estamos expresando nos permite enlazar más cómodamente con la cibernética y la teoría de sistemas, y lograr así, formulaciones más generales. Exige, además, la condición previa de *perturbación* que el sistema debe eliminar, y no es concebible una depresión en la que sólo devenga éxito, pero no contingente a la respuesta del sujeto, tal como apunta Seligman (1976) para mujeres de gran belleza o niños criados sin limitación de reforzadores positivos. En ambos casos la depresión ocurrirá cuando aparezca alguna perturbación para la que el sujeto carezca de la habilidad necesaria, pero no antes.

Por otro lado, no control es la condición necesaria pero no suficiente, para precipitar una depresión. Muchos no disponen de todos los recursos necesarios para hacer frente a cualquier perturbación, y sin embargo, no todos se deprimen. Además de no control, el sujeto ha de tener consciencia de tal carencia. No se trata tanto de no control como de *percepción* de no control (Seligman, 1978).

No obstante, lo preocupante de la depresión son los estados emocionales de profunda angustia y desesperanza en los que los sujetos están sumidos. Lo específico de la depresión son las consecuencias afectivas que derivan de las situaciones que el sujeto constata

que no puede controlar. En este sentido, el esquema general que nos satisface de la depresión psicógena es aquel merced al cual la depresión deriva de un estado prolongado de ansiedad como consecuencia de la percepción de no control. Coincidimos así, con Wolpe (1981) en la consideración de la depresión como consecuencia de un estado permanente de ansiedad, aunque diferimos de este autor, que concibe la ansiedad como la causa de la depresión, sino que entendemos que la ansiedad es causada y lo relevante es la situación de no control.

La depresión comienza a percibirse como un problema cuando se producen alteraciones de carácter somático: cefaleas, insomnio, anorexia, dificultad de concentración, cansancio insoportable ..etc. El mundo se vive como una losa que gravita encima, y la persona no se siente con fuerzas para hacer frente a nada. Tal circunstancia es debida al agotamiento físico -gasto energético- que implica la ansiedad. La ansiedad hace así, el papel de *cortocircuito* por donde se pierden las energías. Este punto es crucial y nos interesaría hacer algunos comentarios al respecto. Como se ha indicado, la acción sólo es posible en la asimetría energética. La conducta se concretiza en *vías conductuales*, ésto es, en canales por donde transcurre la energía -capacidad de trabajo-. Actuar equivale a destruir energía. En este sentido, vías conductuales permanentemente abiertas, si son suficientemente amplias, agotarán al sistema.

La ansiedad constituye un mecanismo válido de movilización de energías. Tiene un valor de supervivencia. Y normalmente cesa cuando cesa el peligro. El problema surge cuando se encuentra ligada -vía condicionamiento clásico- con ciertos acontecimientos que se desenvuelven en círculos viciosos. En tales circunstancias, la brecha por donde se disipa energía no cesa, y si es intensa, el organismo no dispone de recursos para hacer frente a tal situación, y se desencadena una depresión.

Se entiende así la ansiedad como un proceso asociado a un bucle del que nunca se sale. Es frecuente en psicología este tipo de fenómenos, que se mantienen merced a errores lógicos (Beck y col., 1979). Se trata de trampas mentales de las que el sujeto no se percató. Merece, en esta línea destacarse las *paradojas*, en el sentido apuntado por Watzlawick (1975). La condición para salir del bucle es justamente la condición para no salir. De esta forma, se haga lo que se haga nunca se sale del círculo -no control-. Situaciones paradójicas suceden con más frecuencia de lo que parece. Ocurre cuando un padre exige a su hijo que tome iniciativas por sí mismo (obedecerle es justamente no tomar iniciativa), en la pareja que exige afecto espontáneo (si la otra pareja accede a la demanda, ya no es espontáneo, y si no accede, no atiende a la demanda), en el monje que libra su batalla de desear no desear, en el obsesivo que sabe que el éxito en la relación sexual radica en el control absoluto de un total abandono ...etc. En todas estas situaciones subyace una duplicidad conceptual no resuelta -debida a presupuestos culturales contradictorios- que hace que el sujeto oscile permanentemente entre estos dos extremos (Watts, 1960). La conducta deviene oscilante, como un timbre, en el que abrir un circuito es la condición para cerrarlo. Sólo una acción desde fuera del bucle -no aceptando el doble juego de la paradoja- permite salir del mismo.

En definitiva, concebimos la depresión (entiéndase, depresión psicógena) como un estado de agotamiento físico consecuente a una situación prologada de ansiedad producida cuando el sujeto percibe que no ejerce el control deseado. Tal situación se mantiene debido a la estructura cognitiva del sujeto que permanece indefinidamente en determinados círculos viciosos.

Es nuestra intención, tras estas consideraciones iniciales, proceder a una revisión esquemática de los distintos modelos que existen sobre depresión. Serán evaluados desde la perspectiva que estamos comentando. Servirán para profundizar en algunos conceptos, y serán

la ocasión para exponer, finalmente, nuestro modelo, algo más formalizado de lo que hemos hecho hasta ahora. Expondremos los siguientes modelos: a) bioquímico b) psicoanalítico, c) conductual, d) cognitivo, y e) de indefensión aprendida.

### 3.8.2.- Modelos bioquímicos

Durante los últimos 25 años se ha despertado un acusado interés por el papel de los neurotransmisores -mensajeros que intervienen en la transmisión del impulso nervioso- en la génesis de los trastornos afectivos. De hecho se constata bajos niveles de determinados neurotransmisores en los sujetos depresivos, lo que parece sugerir la hipótesis bioquímica de la depresión, en lo que se ha denominado *biología de la depresión*, y ofrecen un cierto fundamento de las depresiones endógenas. De esta forma este tipo de problemas queda relegado al campo de la medicina.

No obstante deben hacerse algunas consideraciones. Correlación no significa causa. Y como indica Mendels (1970) los cambios bioquímicos pueden no ser origen sino ser originados por ciertos trastornos funcionales, por ejemplo, los derivados de las situaciones de ansiedad. La bioquímica condiciona la conducta, de la misma manera que la conducta condiciona la bioquímica.

En estas circunstancias, lo razonable es entender la depresión como una interacción entre factores biológicos, psicológicos y sociológicos (Akiskal y McKinney, 1973). Como se ha indicado, los sujetos constituyen sistemas englobados en otros sistemas (sociedad) de mayor rango, y a su vez, englobando otros inferiores (subsistemas biológicos). Cadenas de acontecimientos en círculo cerrado, incluidas en otras mayores y que subsumen a otras inferiores. Tal cierre imprime

de un cierto carácter de totalidad a cada uno de los eventos que conforman los distintos eslabones de la cadena. Cualquier alteración en cualquier eslabón afectará al conjunto del subsistema correspondiente, y si la alteración es importante, podrá afectar a subsistemas contiguos o incluso al sistema en su conjunto. De esta forma, fallos en los procesos de regulación metabólico, enzimático o de cualquier otro tipo (Aillon, 1971) podrá afectar al conjunto de la cadena, y precipitar una depresión si los restantes subsistemas que componen al sujeto no logran compensar tales alteraciones.

### 3.8.3.- Modelo psicoanalítico

En su obra *duelo y melancolía*, aparecida en 1917, Freud enfoca, por primera vez, el problema de la depresión. Este autor distingue el *duelo* de la *melancolía*. Duelo hace referencia a la pérdida de una persona querida o a una abstracción equivalente, como patria o libertad. Puede ocurrirle a cualquier persona, y presenta un desarrollo temporal de corta duración, al cabo del cual el sujeto logra recuperarse. Por el contrario, en la melancolía la persona no se sobrepone a la pérdida, y se caracteriza por ser una respuesta patológica. Tal pérdida incide sobre una personalidad mal ajustada donde se movilizan estructuras deficientes que lo llevan a un desequilibrio aún mayor. Mientras que en el duelo hay una reacción de profundo dolor y desinterés por un mundo que se torna "pobre y vacío", en la melancolía, además se torna "pobre y vacío" el yo mismo. Hay que añadir una acentuada pérdida de la autoestimación, que se traduce en una serie de reproches y acusaciones que se autodirige el propio sujeto, y una espera, en consecuencia, del justo castigo merecido.



No seremos exhaustivos en la exposición de los procesos que llevan, según el psicoanálisis, a la depresión. Por otro lado existen marcadas diferencias entre unos autores y otros como Klein (1948), Bibring (1953) o Arieti (1959). En general, todas ellas coinciden en considerar que la depresión hunde sus raíces en la infancia, en algún tipo de pérdida -pérdida de amor- en relación a los progenitores, y que es recapitulada de forma simbólica en épocas más tardías de la vida por determinados acontecimientos que la precipitan.

No discutiremos aspectos tales como desdoblamientos del ego, retenciones o liberaciones de la libido, regresiones orales o anales, ...etc. No es éste el momento. Pero sí destacaremos algunos puntos de interés que guardan relación con el modelo que estamos proponiendo.

La depresión como pérdida no es del todo diferente a la depresión por falta de control. Obsérvese que pérdida es carencia de lo que se tuvo y no se tiene. Desemboca en depresión porque no se puede recuperar. Es el no control de la posibilidad de recuperación lo que marca la depresión. Por otro lado, podemos ampliar el concepto de carencia, como aquello que el sujeto no tiene (y quizás no haya tenido nunca) y estima que debería tener. De esta forma, enlazamos con los procesos de equilibración, y es la imposibilidad de salvar la discrepancia existente entre el mundo percibido por el sujeto y el modelo del mundo por él proyectado, lo que precipita la depresión. Es la incapacidad de lograr la congruencia necesaria. Desde la consideración de los sistemas es la incapacidad de ofrecer una respuesta alternativa que contrarreste el efecto de una determinada alteración del entorno -control, en términos de realimentación negativa-, y preservar así, ciertas variables esenciales -emociones- dentro de estrechos límites de fluctuación.

Pero el tema que estimamos de mayor interés hace referencia a la forma en la que debe articularse la intervención terapéutica que permita a los sujetos superar la depresión. Lo que preocupa al

psicoanalista -como al historiador- es determinar ¿qué ocurrió? y por qué ocurrió? (Ricoeur, 1977; García Prada, 1984). Contestar a ambas preguntas es resolver el problema. Se trata pues, de indagar en la infancia -momento histórico donde se encuentran los antecedentes de la conducta actual-, y localizar los *vestigios* que permitan reconstruir el pasado, y por tanto explicar el presente.

La analogía del psicoanálisis con la historia puede ser fructífera, y a ella nos remitiremos. Dos consideraciones pueden hacerse al respecto. La primera de ellas, se refiere hasta qué punto es posible determinar la autenticidad de ciertos acontecimientos de pasado, vía la retrodicción. Y la segunda, una vez determinados y verificados como verdaderos, el grado de relevancia de tal información de cara a una intervención terapéutica eficaz.

En el primer punto, la semejanza con la historia no es del todo correcta. La historia comienza a partir de documentos escritos sobre acontecimientos ocurridos. No cabe dudar, pues, de la existencia de hechos históricos cuando están suficientemente documentados. Pero otra historia ocurre con la protohistoria o la prehistoria. Aquí no hay apenas información, y los vestigios hallados -instrumentos, construcciones ..etc- permiten conjeturar a duras penas lo que ocurrió. Cualquier arqueólogo es consciente de que no sería prudente dar como definitiva cualquier conjetura elaborada a partir de unas cuantas piedras, y mucho más aún, proceder al montaje de hipercomplejas y detalladas historias. Tal actitud no parece estar muy alejada de ciertos psicoanalistas que imaginan todo tipo de procesos y lucubraciones en niños de escasos meses e incluso en el útero materno, sin ningún tipo de documentación seria que lo avale, y completamente de espaldas a lo que ciertamente se sabe merced a la antropología y la psicología evolutiva.

La otra cuestión -de mayor interés- consiste en determinar la importancia a efectos de intervención terapéutica, del conocimientos

de los sucesos ocurridos en la primera infancia. De nuevo, el recurso de la analogía histórica nos será útil. Nos preguntamos si es necesario remontarse a la edad media o a Tartessos para resolver la actual situación económica española. No parece que ésto sea lo más razonable. Más bien se trata de conocer las condiciones que permitan una economía saneada, y aplicarlas. Para ello, nos será útil disponer de información que en otros países y/o en otras épocas se haya realizado en situaciones parecidas. En este aspecto la historia, en cuanto experiencia acumulada, es importante, pero no en otro sentido. Lo que inicialmente son tanteos, con el tiempo, según las consecuencias, se convierte en información, y para situaciones similares se aplicarán estrategias ya ensayadas. En psicología se nos ocurre otro tanto. Consideramos relativamente irrelevante determinar exactamente qué ocurrió en la primera infancia, para utilizar una estrategia terapéutica que sea eficaz para la depresión. Parece más sensato concentrarse en las condiciones que permitan superarla. Responder correctamente "qué ocurrió" y "por qué" no resuelve gran cosa sino se acompaña de la acción pertinente. Por otro lado, la acción a aplicar será la misma independientemente de las circunstancias concretas de la infancia, por lo que no se ve la necesidad de su reconstrucción detallada. Es desde la posición actual del sujeto -desde el aquí y ahora-, y en base al objetivo terapéutico propuesto, como se establecerán las estrategias. Es la *discrepancia* hasta lograr una personalidad bien equilibrada lo que marca la acción a realizar.

La necesidad, por parte del psicoanálisis, en conocer las circunstancias exactas de la infancia deriva fundamentalmente de la concepción que de la física tenía el propio Freud. En este sentido, lleva la impronta del determinismo al estilo de la mecánica clásica. Una analogía clarificadora es lo que podemos llamar *la mesa de billar*. Desde esta perspectiva se entiende la historia, en general, y la vida de los individuos, en particular, de la misma forma en que se suceden los eventos en tal mesa. El impulso aplicado sobre la primera bola marca el origen de la cadena. Y todo lo que pueda

ocurrir después depende exactamente de la naturaleza de tal impulso. Un impulso aplicado una millonésima de grado más a la derecha, o con una casi imperceptible fuerza mayor, cambiará todo el curso posterior. Se entiende así, considerada la vida como una serie de acontecimientos rígidamente encadenados, la importancia por determinar con exactitud los acontecimientos de la infancia.

Pero la física actual es diferente a la de antaño. En este sentido, los psicoanalistas deberían tener el mismo prurito que Freud en estar atenta a ella. La termodinámica, la cibernética y la teoría general de sistemas ofrecen un panorama muy distinto. Los sistemas pueden llegar a un mismo punto de equilibrio desde diferentes posiciones. Las condiciones iniciales no marcan unívocamente la evolución del sistema. La analogía que utilizaremos ahora será la de la *pelota y el valle*. Observando la figura 3.4 se deduce que la pelota llegará al mismo punto desde numerosas posiciones diferentes. El valle marca el punto de equilibrio del sistema, hacia el cual tiende. Y exactamente ésto es lo que ocurre en los organismos. Los puntos de equilibrio -equifinalidad, en el sentido propuesto por Bertalanffy (1968)- son accesibles desde distintas posiciones. En las terapias el propósito es el mismo: llevar al sujeto a un determinado punto de equilibrio. Esto puede hacerse desde diferentes posiciones. La evolución de la terapia vendrá marcada por lo que le *falta* al sujeto para lograr el equilibrio. La infancia tiene su importancia -nadie lo discute- como estructura del sistema. Los sistemas se configuran a lo largo del tiempo, y según haya habido unos acontecimientos u otros así será su configuración -estructura-. Los acontecimientos de la infancia marcaron los primeros surcos, los más permanentes. Por ello, en cuanto aprendizaje, es más difícil modificar las primeras estructuras, pero los sistemas humanos gozan, a pesar de ello, de un margen bastante amplio en su plasticidad. Desde el conocimiento de uno mismo, la superposición de posteriores estructuras, permitirán alterar las primeras en provecho propio.



Figura 3.4

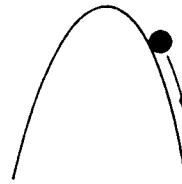


Figura 3.5

No obstante, determinadas condiciones iniciales son importantes, y pueden determinar la evolución futura del sistema en los lugares denominados de *equilibrio inestable*. Si se observa la figura 3.5, la posición en A marca un punto de inestabilidad. La más mínima perturbación podrá lanzarlo hacia B o hacia C. Son los puntos que Prigogine (1979) denomina *lejos del equilibrio* y que revisten un especial interés en la génesis de la depresión. Son los puntos de bifurcación o catástrofe que hacen que el sistema se precipite a uno u otro punto de equilibrio *-atractor-*. Es importante porque la vida de los individuos se entienden como sucesiones de estados de desequilibrios y equilibrios. En los primeros impera el *azar*, en los segundos, la *necesidad*. Al final numerosos factores fortuitos, habrán precipitado al sistema hacia un conjunto de atractores, que justamente, configurarán su personalidad. Las terapias deben ser conscientes de ello y manejarlo en su provecho. La labor terapéutica se concibe así, como un esfuerzo por modificar la constelacion de atractores que rige el sistema.

En definitiva, el psicoanálisis constituye una de las primeras aproximaciones al estudio de la depresión. Desde la óptica actual se valora el ingente esfuerzo por integrar en un todo coherente las

mejores aportaciones de la ciencia de aquella época -en especial la física-, y lograr además una disciplina con naturaleza propia: la psicología. En relación a la depresión, supo marcar nítidamente la diferencia entre la situación de no control que incide sobre un sistema estructuralmente estable -duelo-, y que recupera su estabilidad en poco tiempo, y una situación de no control cuando recae sobre un sistema estructuralmente inestable -punto A de la figura 3.5- que lo precipita hacia una constelación de atractores, diríamos "patológicos", y donde se mantiene por tiempo indeterminado -melancolía-. Es mérito del psicoanálisis hacer planteamientos dinámicos, ésto es, de dar cuenta cómo se desarrollan los procesos y cómo interactúan unos elementos con otros en la búsqueda de los lugares de equilibrios de los sistemas. Nuestro lenguaje, en algunos aspectos, no es muy diferente. Estas circunstancias merecen destacarse, independientemente de las discrepancias ya comentadas.

#### 3.8.4.- Modelo conductual

Desde la teoría del aprendizaje se han planteado diversas formulaciones que pretenden dar cuenta del fenómeno de la depresión. Aunque entre ellas existen algunas diferencias de matices, presentan, no obstante un cuerpo teórico bastante homogéneo en lo esencial. Lo que caracteriza la depresión, en términos de comportamiento, es fundamentalmente, una reducción en el repertorio conductual del sujeto. Apenas se emite conducta. Y en la medida que la conducta depende de las contingencias del refuerzo, hay que buscar allí, en lo reforzadores, la razón de tal fenómeno.

La primera formulación conductual de la depresión es debida a Fester (1965). Distinguió el análisis topográfico de la conducta, que sólo hace mención de lo ocurrido, del análisis funcional, que

especifica, además, los antecedentes y las consecuencias de la misma. Lo que caracteriza, según este autor, al deprimido, de una persona normal, no es lo que hace sino su frecuencia relativa de emisión. En la depresión, la conducta se encuentra sometida a un programa de extinción, como consecuencia de una disminución de los reforzadores positivos que la controlan. Los trastornos afectivos, desde esta consideración, son secundarios a la conducta, y no merecen especial atención.

Posteriores formulaciones sólo han ofrecido pequeñas variaciones conceptuales sobre el mismo tema. Se han realizado numerosas investigaciones, y se han logrado determinar los reforzadores más relevantes. En este sentido, cabe mencionar a Lewinsohn (1974) como su máximo exponente, quien determina como causa de la depresión *una baja tasa de reforzamiento positivo contingente a las respuestas del sujeto*. Especifica, además, que son tres los factores que intervienen en este proceso, a saber: a) posibles sucesos reforzables del sujeto, b) posibles sucesos reforzadores del medio, y c) conducta instrumental del sujeto (habilidad). Un déficit en cualquiera de estos tres aspectos es suficiente para precipitar una depresión. Por ejemplo, la juventud y la belleza son sucesos reforzables del sujeto. Otras personas, podrán ser los sucesos reforzadores del medio. Y la capacidad de establecer relación será la conducta instrumental o habilidad.

El mérito de Lewinsohn no reside tanto en sus aportaciones teóricas como en el hecho de haber refinado y contrastado muchas de las hipótesis de Fester (Wilcoxon y col, 1979, pág. 219). Destacó la importancia de las interacciones sociales en la génesis de la depresión, en especial, la falta de habilidad social que manifiestan los depresivos. Estas circunstancias permiten la demarcación de la conducta en un ámbito específico, y establecer objetivos terapéuticos concretos sobre los que intervenir en el logro de una modificación comportamental.

Desde la perspectiva conductual, los estados emocionales asociados a la depresión son, simplemente, la consecuencia de un bajo nivel de reforzamiento. No son origen de nada sino que son originados. Así mismo, aspectos cognitivos tales como baja autoestima, culpabilidad, pesimismo ..etc, son elaboraciones secundarias (*cognitive relabeling*) que derivan del sentimiento de disforia consecuente a tal nivel de reforzamiento (Maldonado, 1981, pág. 69). Un esquema ilustrativo de la hipótesis conductual podría ser el siguiente:

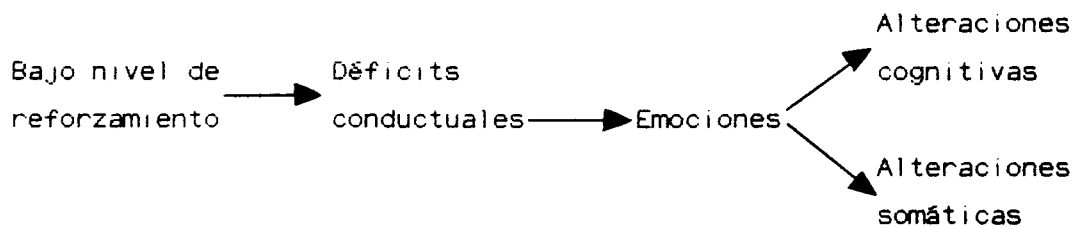


Figura 3.6

Las estrategias terapéuticas de esta teoría se orientan hacia el logro de un incremento en el nivel de conducta adaptativa. En este sentido, varios son los enfoques de tratamiento. Por un lado, se concede especial atención al ambiente, por cuanto marca la procedencia de los reforzadores, en la línea de un mayor enriquecimiento ambiental, tal como el incremento de actividades placenteras, cambio de trabajo, relaciones sociales, deporte ..etc. Por otro lado, se intenta potenciar aquellos rasgos reforzables del sujeto (por ejemplo, aspecto físico), y se dedica especial atención a un mejor aprovechamiento de sus propios recursos. Se le *enseña* a hacer frente de una manera exitosa a determinados acontecimientos del medio. Entrenamiento asertivo, mejora en desenvolvimiento social, aprendizaje de estrategias en resolución de problemas ..etc, son algunas de las actividades que merecen mencionarse.



Los modelos conductuales pueden ser asimilados sin excesiva dificultad a los esquemas que estamos proponiendo. Hemos concebido la conducta en un contexto de relación. Interconducta, diría Ribes (1986). La adaptación se entiende como un ajuste de variedades: variedad del sujeto y variedad del entorno. Las terapias de la depresión van encaminadas a ampliar ambos tipos de variedades. Pero la variedad del sujeto refleja la variedad del entorno, de la misma manera que éste refleja la variedad del sujeto. Ambos se conforman mutuamente, y tal dialéctica explica los procesos de equilibración. Por ello, actuar sobre una variedad implica actuar sobre la otra. Esta es una de las confusiones que existen en torno a los reforzadores. Ser reforzador no es una cualidad exclusiva del entorno; interviene en su misma configuración, el sujeto. Un sujeto no entra en depresión sólo por encontrarse en un medio pobre en términos de reforzamientos. También el medio es pobre, porque él carece de aptitudes. Enriquecer al sujeto también es ofrecer un medio más rico de posibilidades, de la misma manera que la riqueza estimular ayuda a los procesos de diferenciación internos, y con ello, los organismos ganan en información, como queda patente en psicología evolutiva.

Hemos concebido a los sujetos constituídos por un conjunto de acontecimientos en círculos cerrados (o mejor, espirales). Pautas de conducta, en el sentido sugerido por Wiener (1948). Tales pautas -vías de conducta- son los caminos por donde se canaliza la necesidad, o si se quiere, la asimetría perdida. Con el tiempo son la necesidad misma, y los reforzadores incondicionados devienen condicionados o secundarios. Así es como entendemos los reforzadores. También dependen del sujeto. Su función principal es satisfacer la necesidad, como es el caso de la comida, sexo, estima, poder ..etc. Pero la actividad en su logro puede ocupar, en gran medida, su lugar, y constituir reforzadores en sí mismos. Las necesidades humanas no son muchas, no obstante, las actividades desplegadas numerosas. Así se explica la multiplicidad de vías conductuales que presentan los

distintos sujetos para lo mismo. La depresión surge cuando el sujeto carece de alguna vía conductual con la que satisfacer una necesidad, y no es capaz de abrir ninguna otra -carece de alternativas-. De esta forma, carece de reforzador -formulación conductista- porque no dispone de la respuesta alternativa -no control-. Podría afirmarse también lo contrario y decir que no hay control porque se carece del reforzador correspondiente, y primar así los reforzadores, pero en la medida que los reforzadores se traduce en la *actividad* de un organismo en su logro, preferimos colocar, en primer lugar, el no control, y la ausencia de reforzamiento como consecuencia de ello, y aunque se reconoce que un medio "pobre" condiciona fuertemente la evolución de los sujetos, siempre queda un "margen" de libertad que depende de su propia espontaneidad, por donde superarlo.

Cuando se dispone de múltiples vías conductuales para satisfacer parecidas necesidades es difícil caer en depresión. Si alguna vía conductual queda cercenada (lesión física irreversible, pérdida de empleo, muerte de un ser querido ..etc) quedan siempre otras por donde canalizar la necesidad -compensadores, dirían los psicoanalistas-. El depresivo dispone de pocas vías -de pocos reforzadores- y, de carecer de alguna, no podrá satisfacer la necesidad, y sobrevendrá la depresión -pérdida o carencia de lo que considera vital-. La solución genérica de la depresión consiste en enriquecer al sujeto (o al medio; es lo mismo), ésto es, en *informar* al sistema sujeto-medio. La información en su vertiente de número de respuestas distintas nos parece la solución indicada. En este sentido todo esfuerzo encaminado a mejorar la *habilidad*, bien sea en su vertiente de asertividad, estrategias en resolución de problemas, graduación de tareas ..etc, estimamos como la mejor forma de salir del no control y superar la depresión.

La terapia estrictamente conductista nos parece bastante efectiva, aunque algo limitada. Se descuidan los aspectos cognitivos, de especial importancia, pero es la información del terapeuta -sus

cogniciones- la que establece cómo abrir nuevas vías conductuales -modificación de conducta-. Además, el comportamiento será la ocasión de que se produzca feedback -realimentación de información- y de un logro de mayor eficacia en el comportamiento derivarán cogniciones de confianza y autoestima. De esta forma, la necesidad queda satisfecha, y la persona supera la depresión. Es preferible andar el camino -conductismo- que perderse en lucubraciones sobre la causa del problema -psicoanálisis- olvidando la causa de la solución (que no es la misma). Mejor aún es, iluminar el camino y además andarlo -terapia cognitivo conductual-.

En definitiva, nos satisfacen las terapias conductistas por cuanto se concentran en la *diferencia* de lo que le falta al sujeto por lograr el grado de congruencia necesario con su entorno. Se trata de una labor de aprendizaje, en el sentido sugerido de informar al sistema sujeto-medio, y lograr así configuraciones más capaces. Los reforzadores lo son porque permiten satisfacer la necesidad, aunque, en un contexto de equilibración, también son la tensión que antecede a la necesidad y, por tanto, son la condición para su satisfacción - simetría y asimetría se condicionan mutuamente y en la dialéctica de la acción ambas son igualmente importantes-. En términos conductuales sólo se percibe una constelación de conductas -vías conductuales-. La depresión se concibe en el contexto de relación sujeto-medio, como un empobrecimiento conductual. Las terapias consisten en enriquecer las conductas en términos de *información*. En este sentido, las terapias cognitivas ofrecen el complemento necesario.

### 3.8.5.- Modelo cognitivo

En todos los modelos anteriores se destacan los trastornos de pensamiento como consecuencia directa del estado de ánimo. Primero

debe ocurrir algo (alteración bioquímica, pérdida de afecto, o ausencia de reforzamiento) que produce un estado de disforia, y después, debido a tal estado, aparecen los pensamientos de tristeza. En el modelo cognitivo, por el contrario, se invierten los términos, y se considera que las reacciones afectivas dependen de la forma en que los individuos estructuran sus experiencias, ésto es, del esquema cognitivo que tengan del mundo, y que tal esquema precede a las experiencias y les otorga una determinada "tonalidad" afectiva.

La consideración de que los pensamientos son las causas de la tristeza (y por tanto de la felicidad) no es nueva. Como antecedentes lejanos merecen destacarse el Yoga y el Budismo-Zen. En el primero, especialmente, en la disciplina Raja-Yoga, se determina, de forma clara y profunda, en los denominados aforismos de Patanjali (Vivekananda, 1912) la concomitancia entre los denominados *fluctuaciones mentales* -pensamientos- y el estado de paz interior y sosiego que se persigue -*samadhi*-. El Budismo-Zen es más psicologista que el Yoga y pretende la liberación de la mente de la cadena de los pensamientos a través de una técnica que podríamos denominar de reducción al absurdo. Se parte de las premisas que el sujeto adopta como "ciertas" hasta llevarlo a un punto en que no puede mantenerlas.

Las técnicas orientales más que técnicas cabría denominarlas *críticas culturales* (Watts, 1960) en el sentido de que lo que se intenta remover es fundamentalmente el conjunto de actitudes y creencias que subyace en la colectividad. Por otro lado, tales técnicas utilizan el pensamiento de la misma manera que "una espina permite quitar otra espina", pero el propósito final es el estado de ausencia de toda fluctuación mental, en la convicción de que en el alcance del verdadero *Yo* se ha de trascender la cortina de los pensamientos. Cualquier *fluctuación mental* es alteración, y por tanto, no es verdadera paz -*Samadhi* o Nirvana-.

Como antecedentes próximos cabe mencionarse en primer lugar el psicoanálisis. Quizás sea Freud el primero en percatarse de los conflictos intrapsíquicos y su incidencia en los trastornos emocionales. Su técnica es, básicamente introspectiva, y son los "procesos cognitivos subyacentes" *-inconsciente-* los que determinan la angustia de las personas. Tomar *conciencia* de ello es el primer paso para afrontar los problemas. De hecho, los principales promotores de la terapia cognitiva -Ellis y Beck- emergen del campo psicoanalítico. Tales autores abandonan la línea pasiva que inicialmente mantenían (tomar nota de las asociaciones libres, sueños, ..etc, de los pacientes, con intervenciones mínimas, en la esperanza de que éstos se fueran reorganizando por sí mismos), por otra más directiva, lo que permitía abordar más directamente los problemas y acortar, así, el tiempo de terapia. Además modificaron sustancialmente la estrategia *cognitiva* a utilizar. En primer lugar advirtieron que la introspección por sí misma era insuficiente. Hacía falta un intenso *programa* de acción que permitiera abordar de forma progresiva, en términos de conducta, el problema (Ellis, 1980, pág. 17). El paciente que se percataba de que no había podido trabajar por el odio inconsciente que sentía hacia su padre, resultaba que seguía siendo incapaz de trabajar tras el feliz descubrimiento. Por otro lado, ciertas interpretaciones psicoanalíticas que entendían la depresión como *necesidad de sufrimiento* debida a una hostilidad invertida no fueron validadas por experimentos realizados, lo que llevó "a evaluar de forma crítica la teoría psicoanalítica de la depresión, y finalmente, toda la estructura del psicoanálisis" (Beck, 1979, pág. 8). En esta línea, lo que interesa a la terapia cognitiva es lo que ocurre aquí y ahora -las situaciones maladaptativas presentes- olvidándose de analizar procesos inconscientes, y sobre todo acontecimientos ya pasados (Buceta, 1984).

Como se ha indicado, son los esquemas cognitivos los que otorgan la tonalidad afectiva a los acontecimientos ocurridos. El término *esquema cognitivo* comprende no solamente los contenidos del pen-

samiento sino también los procesos implicados en él. Tales esquemas - contenidos y procesos- son aprendidos a lo largo del desarrollo de la infancia y de la adolescencia en el proceso de interacción con el medio, y en el especial con los padres (Beck, 1967). Los contenidos de pensamiento específicos de los depresivos se reflejan en lo que Beck denomina *tríada cognitiva* (Beck y col., 1979), ésto es, una visión negativa de sí mismo, del mundo y del futuro. Y los procesos aprendidos que dan lugar a ello son entre otros, *inferencia arbitraria* o extracción de conclusiones sin evidencia real; *abstracción selectiva* cuando se destaca sólo un aspecto del problema; *generalización excesiva* cuando se generaliza a partir de un incidente aislado; *magnificación* (o alternativamente, minimización), si se le concede más o menos importancia de la debida a determinados acontecimientos; *personalización*, cuando cualquier suceso lo relaciona consigo mismo; *inflexibilidad* cuando se emplea cuantificadores rígidos (todo, nada, siempre ..etc), o bien imperativos categóricos (deber, tener que ...etc) o bien planteamientos dicotómicos (bueno-malo, competente-incompetente ..etc).

Se comprende así, la relevancia de los componentes cognitivos en el origen y en el mantenimiento de la depresión. El siguiente diagrama ilustra la hipótesis cognitiva:

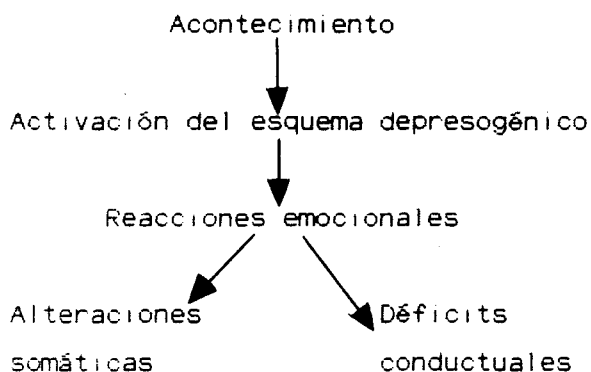


Figura 3.7

El esquema cognitivo parece sugerir que se consideran los pensamientos como la *causa* de la depresión. De hecho, las investigaciones realizadas han girado en torno a cómo la inducción de pensamientos depresivos dan lugar a estados afectivos de disforia. No obstante, tales estudios sólo muestran que las cogniciones correlacionan con los estados depresivos (Blaney, 1977). En este sentido, el modelo cognitivo de Beck ha sufrido algunas matizaciones, y así, últimamente, este autor evita el término *causa*, y en su lugar se refiere a la *primacía* de los factores cognitivos en el síndrome depresivo (Beck, 1979). Distingue los factores *predisposicionales* (componentes genéticos, déficits de habilidad, metas poco realistas, esquemas cognitivos deficientes, ..etc) de los factores *desencadenantes* (muerte de algún ser querido, *stress* continuado, pérdida de alguna habilidad ..etc), sobreviniendo la depresión como consecuencia de la interacción de ambos tipos de factores. Los esquemas cognitivos, que durante algún tiempo parecen mantenerse latentes y sólo se utilizan en determinadas circunstancias depresógenas, si éstas se incrementan, bien por su duración o bien por su intensidad, se *consolidarán* constituyendo el núcleo principal de la depresión sobre la cual se deberá intervenir terapéuticamente (Harrison y Beck, 1982).

La estrategia terapéutica propuesta por Beck (1973) va encaminada a la transformación de la estructura cognitiva del sujeto por otra más realista. No sólo se trata de modificar los pensamientos, vía los pensamientos, sino también vía la evidencia o si se quiere vía la praxis. En este sentido las terapias cognitivas cuentan con la ayuda auxiliar de las terapias de conducta, y así se utilizan técnicas como las inspiradas en el principio de Premack, autoobservación, graduación de tareas ..etc. No obstante, los pasos que clásicamente se siguen en este tipo de terapia, y que se respetan por la mayoría de los terapeutas, son los siguientes: a) Detección y análisis de pensamientos negativos; b) Reconocimiento de la conexión entre cognición,

reacción emocional y conducta; c) Exámen de la evidencia de tales tipos de pensamientos; d) Sustitución de cogniciones no basadas en hechos reales por otras más realistas, y e) Identificación y modificación de pensamientos disfuncionales que predisponen a la distorsión y evaluación negativa de la propia experiencia (Buceta, 1984).

La terapia cognitiva, en combinación con elementos conductuales, ha ofrecido excelentes resultados, superiores al tratamiento farmacológico en lo que se refiere a la depresión psicógena, con un menor índice de recaídas (Maldonado, 1982).

Es difícil conceptualizar las terapias cognitivas como exclusivamente cognitivas, tanto epistemológica como empíricamente. Coincidimos con Skinner (1953) en la consideración de las cogniciones como un tipo especial de conducta, y por tanto, sometidas a los mismos principios generales que ésta. Las conductas se aprenden, constituyen hábitos, y de la misma forma da a lugar los hábitos del pensamiento. En última instancia, todo es información y configura al sistema que es el sujeto. Pero aunque los pensamientos son conducta, reconocemos que no es del mismo tipo de conducta que conducir un vehículo o comprar en un supermercado. Los pensamientos son conductas que iluminan y controlan otras conductas. Dentro de la jerarquía de la dinámica humana ocupan el máximo rango. Son los sistemas de la figura 2.18 (pág. 130) que engloban otros subsistemas y que, por tanto, ejercen el máximo control, pero no ha de olvidarse que las relaciones entre unos sistemas y otros son bidireccionales, y si la cognición ejerce su influjo en la conducta manifiesta, no es menos cierto que de la eficacia de la acción derivará la calidad de las cogniciones, que a su vez habrán interpretado tal eficacia. Se contempla así una dinámica circular en el que el mayor protagonismo recae sobre los pensamientos.

Desde esta perspectiva las terapias se entienden como intervención en la constelación de las pautas de conducta que configuran a



los individuos. De los pesamientos proceden las acciones como de las acciones se configuran los pensamientos. De los pensamientos -programa principal- derivan las conductas manifiestas -programas secundarios o subrutinas-, y a la manera que nos ilustra la informática, la eficacia del conjunto de un programa depende de la calidad de todos tipo de ejecución, y de esta forma, actuar sobre los programas principales significa intervenir sobre aquellos puntos del sistema que implican mayores consecuencias, de la misma manera que actuar en una empresa a nivel de dirección es más efectivo que hacerlo exclusivamente a nivel de operarios, sin que se descarte, con ello, la posibilidad de que los cambios de organización en estos últimos puedan a la larga afectar al conjunto del sistema, incluyendo la dirección.

Desde la consideración de los sistemas como círculos que subsumen otros círculos, cualquier acontecimiento en su seno afectará al conjunto del sistema y por tanto podrá ser causa de los cambios ocurridos en tal sistema. De esta forma, no es tanto una cuestión de *exclusividad* como de *relevancia*. Cualquier acontecimiento afectará al conjunto, pero desde determinadas "posiciones", desde aquellos acontecimientos de mayor "ramificación", se producirán las máximas implicaciones, ésto es, desde los círculos de mayor rango -cogniciones-, aunque conviene reconocer la importancia de la información que proporciona el feedback que deriva de la conducta.

En definitiva, consideramos las terapias cognitivas (o mejor, cognitivo-conductuales) como las más adecuadas, y aunque reconocemos que es difícil que cualquier terapia no tenga algo de cognitivo-conductual (el psicoanálisis tiene algo de conductual, y el conductismo algo de cognitivo), son estas terapias, y en el terreno de la depresión, la terapia desarrollada por Beck, la que formula de manera explícita y avalada por numerosas investigaciones el proceso a seguir tanto en el terreno cognitivo como conductual que permita superar los estados depresivos. Nos satisface igualmente su dedicación, no analizar causas perdidas en el tiempo, sino en llevar a cabo aquellas

condiciones que permitan lograr la congruencia deseada. Actuar sobre programas (cogniciones) que controlan a otros subprogramas (conducta manifiesta), además de sobre éstos últimos parece ser la solución óptima.

### 3.8.6.- Indefensión aprendida

El modelo de indefensión aprendida es el modelo sobre el que actualmente existe mayor número de investigaciones. Tal como está formulado es un modelo que podríamos denominar cognitivo-conductual, y en este sentido no parece que exista una gran diferencia con alguno de los modelos anteriormente mencionados. De hecho, prácticamente, todos sus planteamientos preventivos y terapéuticos están contemplados en los modelos conductuales y/o cognitivos. Su principal aportación se centra en que ofrece una aceptable articulación conceptual de la *etiología* de la depresión y en que dispone de una cierta base experimental.

El modelo de indefensión aprendida surgió en un contexto de experimentación animal (Overmier y Seligman, 1967 y Seligman y Maier, 1967). Perros sometidos a descargas eléctricas inescapables, mostraban, tras unos primeros intentos infructuosos de escape, una conducta caracterizada por una absoluta inmovilidad, además de una fuerte reacción emocional. Estos mismos perros seguían sin emitir conducta incluso cuando posteriormente fueran sometidos a situaciones en las que el escape fuera posible. Tal fenómeno fue denominado como *indefensión aprendida* por considerarse que los animales aprendían a que responder no era eficaz.



Pronto se planteó la necesidad de comprobar si estos datos eran extrapolables al contexto humano, y especialmente si podían constituir un modelo experimental de la depresión. Efectivamente, posteriores investigaciones con humanos (Hiroto y Seligman, 1975) mostraron que cuando éstos eran sometidos a una situación de no control presentaban igualmente síntomas de indefensión aprendida. Estos síntomas se manifestaban en una triple vertiente: motivacional, cognitiva y emocional. Motivacional, por cuanto el sujeto dejaba de emitir respuestas voluntarias. Cognitiva, por cuanto se producían dificultades para aprendizajes posteriores, además de un conjunto de pensamientos negativos sobre la propia eficacia. Y emocional, por la ansiedad y angustia experimentadas ante las consecuencias aversivas.

Lo que subyace en el fenómeno de la indefensión aprendida es la independencia entre las respuestas y los resultados (Seligman, 1975). Cuando ocurre tal circunstancia el sujeto se percata de que lo que haga es irrelevante a efecto de los resultados, y en consecuencia dejará de emitir respuestas. Expresada en términos algo más formales indica que la probabilidad que se produzca reforzamiento dada una determinada respuesta es la misma que si no se diera dicha respuesta, esto es:  $P(RF/R)=P(RF/\bar{R})$ . Se trata, en opinión de Seligman (1975) de una situación de no control por cuanto el sujeto no puede hacer nada por evitar las situaciones indeseables. Lo que ocurre, ocurrirá independientemente de lo que haga. En la no controlabilidad cabe situar, entonces, la etiología de la depresión.

La teoría, inicialmente situada en un contexto estrictamente conductista, devino, al poco tiempo, cognitiva. No se trata de no control sino de percepción de no control. De los sujetos sometidos a una situación de ruido inescapable sólo mostraron indefensión aquellos que sabían que no era posible evitar tal ruido. Por el contrario, aquellos a los que falsamente se les indicó que podían anular el ruido mediante la presión de un botón no mostraron ninguna merma en su ejecución (Glass y Singer, 1972). Del no control derivará la

percepción de no control, y de tal percepción se dará lugar a expectativas negativas del resultado de la acción para acontecimientos futuros deviniendo las reacciones negativas. En el siguiente esquema quedan ilustradas estas ideas:

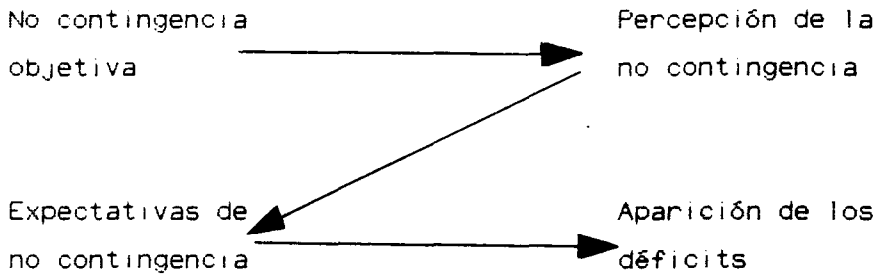


Figura 3.8

Investigaciones posteriores en torno a la validez de este modelo en el contexto humano mostraron algunas deficiencias que obligaron a una reformulación del mismo en base a la teoría atribucional desarrollada por Heider (1958). Cuando una persona se encuentra indefensa se pregunta *por qué*, a qué se debe tal falta de control, y de la atribución causal que establezca derivará la generalidad y cronicidad de sus déficits (Abramson y Seligman, 1978). De esta forma, el modelo de indefensión aprendida deviene aún más cognitivo, y lo que inicialmente se expresaba como *expectativas de no control experimental algunas modificaciones. Determinados procesos cognitivos -atribuciones-* median entre las percepciones de no contingencia y las expectativas de incontrolabilidad. Tres son, a juicio de Seligman (1978), las dimensiones atributivas: interno/externo, estable/inestable y global/específica. El componente interno/externo muestra si el *locus of control* es debido al propio sujeto o no y de él derivará la existencia o no de pérdida de autoestima. El factor estable/inestable indica si la falta de control es debida o no a una condición

que se mantiene en el tiempo, y de él derivará la cronicidad de la perturbaciones. Y la dimensión global/específica hace referencia a si la condición de no control ocurre en una situación concreta o en un conjunto de diferentes situaciones y de ahí devendrá su generalidad. La naturaleza de la depresión dependerá, de esta forma, del tipo de atribución, llevándose la peor parte aquellas atribuciones internas-globales-estables (Por ejemplo, ante un exámen, concluir que es debido a la propia falta de inteligencia).

La segunda formulación, además de estos mediadores cognitivos, añade a los déficits motivacionales, cognitivos y emotivos, un cuarto tipo: de autoestima. Tal déficit, como se ha indicado, es consecuente a las atribuciones internas, y explica la imagen devaluada que presentan los depresivos de sí mismos. Por otro lado, merece destacarse, también, que para que haya depresión no es suficiente sólo no control, sino que éste ha de aplicarse sobre un acontecimiento o muy deseado o muy aversivo. De esta forma, es nuevo diagrama sería:

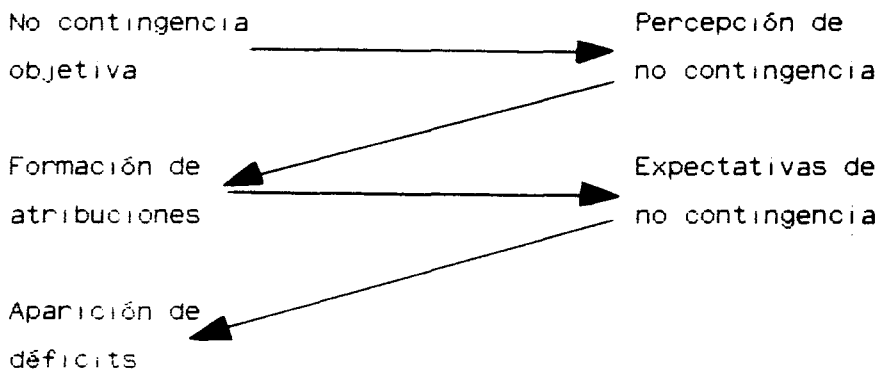


Figura 3.9

Miller y Seligman (1975) comprobaron que los sujetos deprimidos mostraban los mismos síntomas que los sujetos indefensos, lo que constituye un respaldo a su modelo como modelo experimental de depresión. No obstante debe destacarse que si indefensión conlleva depresión, la afirmación inversa no necesariamente es cierta, como se comprueba en las depresiones endógenas. Así pues, lo primero que debe especificarse es qué tipo de depresión pretende reflejar el modelo de indefensión aprendida (Polaino-Lorente, 1985). Aunque Seligman (1975) ha establecido un paralelismo válido que abarca síntomas, prevención y curación de la depresión con su modelo, no parece que tal similitud abarque todo los órdenes de la depresión. Por ello, el modelo de indefensión aprendida puede ser extrapolable tan sólo a las depresiones reactivas.

Por otro lado, investigaciones posteriores han mostrado numerosas deficiencias tanto conceptuales como metodológicas (ver Sobral, 1984). Las atribuciones no parecen condicionar las expectativas sino ser consecuencia de ellas, y así deviene efecto lo que antes era causa. Se observa también fuertes deterioros de autoestima en ausencia de atribución interna (Sobral, 1983), o incluso no se presentan correlaciones significativas entre los componentes de internalidad, estabilidad y globalidad con la severidad de los síntomas depresivos (Hammen y Cochram, 1981). Lo que parece indicar que el papel de las atribuciones es poco importante, y en cierto sentido se sugiere que la formulación original del modelo, más simple, posiblemente fuera más válida. En esta línea, la teoría de la autoeficacia de Bandura (1977) ofrece planteamientos más económicos y elegantes. Igualmente, situar estos aspectos de la conducta en planteamientos más amplios tales como los de motivación de logro (Sobral, 1983).

No obstante, nos parece prematuro establecer conclusiones definitivas sobre la validez del modelo reformulado. Si algunas investigaciones, como las comentadas, contradicen sus postulados básicos, no ocurre lo mismo en otros trabajos (Polaino-Lorente, 1984). Quizás sea

más sensato entender que los componentes atribucionales interactúan con otros factores (personalidad, motivación, dificultad de la tarea ...etc), y que los resultados no dependen tanto de los valores exclusivos que presenten como de la combinación en la interacción. Por otro lado, algunas perspectivas metodológicas equivocadas darán lugar a resultados aparentemente contradictorios. De esta forma entender la conducta como sucesos encadenados linealmente, llevará a discutir qué acontecimientos son antecedentes y cuales consecuentes, y así no habra acuerdo sobre si las atribuciones causan las expectativas o las expectativas causan las atribuciones. Por el contrario, concebir la conducta como acontecimientos en bucle cerrado hace las cosas mucho más sencillas, y se comprende cómo depende del eslabón en el que arbitrariamente nos situemos para que la secuencia de acontecimientos posteriores tenga un orden u otro.

La aportación fundamental de Seligman reside en la consideración del no control en la etiología de la depresión. Ha sido mérito suyo ofrecer un modelo experimental que da cuenta de ello. No obstante, ya anteriormente fue destacada tal circunstancia por el psicoanalista Brining (1953). Y a efectos prácticos -prevención y terapia- no dice nada que no haya sido formulado por otros autores.

Por otro lado, el concepto de no control postulado por este autor nos parece insuficiente, así como nos resulta inadecuado el término de *indefensión aprendida*. Mejor que plantear no control como independencia entre respuestas y reforzamientos sería hacerlo como incapacidad de disponer de recursos para mantener dentro de ciertos límites determinadas variables esenciales -emociones, cogniciones..etc- dentro del contexto general de adaptación, en los procesos de equilibración ya mencionados. Este planteamiento nos parece más general, y abarca también las depresiones endógenas como fallo en los mecanismos biológicos de regulación, aunque éste último aspecto no lo consideraremos en nuestro modelo.

El término *indefensión aprendida* sugiere que los organismos aprenden a estar indefensos, y por tanto no emiten respuesta. En nuestra opinión, no es tanto que el sujeto aprende que no hay solución como que no aprende la solución. Precisamente lo más depresógeno es tener constancia de que determinados problemas tienen solución, y otras personas disponen de ellas, pero que uno carece de los recursos necesarios. La atribución interna de la reformulación del modelo destaca este aspecto. Situación de no control no significa situación incontrolable. No se aprende que el problema es insoluble, sino que no se acierta con la tecla adecuada. Por esta razón, porque hay solución y porque es posible el control, tienen sentido las terapias.



***4.- HACIA UN MODELO SISTEMICO DE LA DEPRESION***

## 4.- HACIA UN MODELO SISTEMICO DE LA DEPRESION

### 4.1.- Introducción

Es nuestra intención, en las próximas páginas, hacer una exposición, algo más detallada de lo expuesto hasta ahora, sobre los procesos que dan lugar a la depresión. Algunas ideas, ya mencionadas, tal como realimentación, tasa de renovación, atractor, catástrofe ..etc, verán aquí una aplicación concreta, y con ello, su definitiva clarificación.

Somos conscientes de la dificultad que entraña hacer modelos simulables por ordenador en psicología. Por un lado, la complejidad de los fenómenos psicológicos, y por otro, las limitaciones de las formulaciones matemáticas desarrolladas hasta ahora, así como de los lenguajes de programación, dan lugar a una cierta insatisfacción cuando se contempla los resultados obtenidos. En este sentido, los modelos verbales, aunque más ambíguos e imprecisos, están más próximos a la imaginación, más libres de encorsetamientos matemáticos y técnicos, y por tanto, ofrecen mucho mayor juego.

No obstante, debe valorarse (sin renunciar a otros propósitos) todo intento de imprimir un cierto rigor allí donde hay un conjunto de ideas más o menos hilvanadas. Nuestro modelo se inserta en esta línea. Constituye un primer esbozo que consideramos válido, en términos generales, pero que es susceptible, y así lo deseamos, de numerosas mejoras adicionales.

Nuestro principal objetivo reside en proporcionar una cierta comprensión sobre los procesos que dan lugar al fenómeno de la depresión. En este sentido, el modelo que expondremos debe valorarse como

una aproximación a tal proceso, y por el momento, creemos que debe ser sometido a consideraciones más bien de tipo cualitativo que a otras de carácter cuantitativo. No interesan tanto predicciones puntuales como predicciones en cuanto a la forma del comportamiento, tal como sugiere Randers (1973). Y aunque en fenómenos bien conocidos como ocurre en física es exigible una correspondencia perfecta entre modelo y realidad, no sucede otro tanto cuando se trata de fenómenos insuficientemente conocidos. En este caso, entendemos que todo lo que sea ofrecer cierta luz debe ser estimado.

Entendemos la elaboración de modelos, y en especial de modelos simulables por ordenador, como una actividad complementaria -no como una alternativa- a aquellas otras de observación y experimentación. Observar es *escuchar* a la naturaleza, y experimentar es *dialogar* con ella. A través de ambas actividades adquirimos información del mundo que nos rodea, y del entramado de ideas derivará nuestra particular concepción de la realidad -modelo-. Tales modelos nunca son definitivos. Son ensayados, y de esta forma probados, y de su eficacia derivará su capacidad explicativa y predictiva. En este contexto, la simulación se entiende como una puesta a prueba de su coherencia lógica y su capacidad de predicción. La experimentación puede dar cuenta de aspectos puntuales, de la influencia de algunas variables sobre un cierto fenómeno, pero cuando se trata de probar una determinada secuencia lógica, un cierto hilo argumental, éste debe ser de alguna forma reproducido. En este sentido, el ordenador proporciona el soporte material -*hardware*- y lógico -*software*- que permite ensayar en "vivo" la bondad del modelo.

El modelo que hemos desarrollado, a diferencia de otros (ver Blaney, 1977 o Polaino-Lorente, 1985) pretende una visión global de la depresión donde se contemplan aspectos cognitivos, motivacionales, afectivos y biológicos. En este sentido, estamos alejados de los modelos de procesamiento de la información tan en boga actualmente, donde parece que se agota la metáfora del ordenador, y que se limitan

exclusivamente a procesos cognitivos, sin tener conciencia de que, en realidad, éstos explican una parte, y no precisamente, la más importante, de nuestro comportamiento.

Por otro lado, introducimos unos recursos matemáticos que no han sido usuales en psicología. Deliberadamente, a pesar de contar con un cierto dominio de la estadística, hemos optado, conscientes del riesgo que ello supone, por otras alternativas que, aunque todavía no han dado de sí toda su potencialidad, presentan un futuro prometedor. Nos referimos a las matemáticas desarrolladas para sistemas dinámicos, y en especial lo referente a la teoría de las catástrofes, que pretende dar cuenta no solamente del cambio cuantitativo, sino de aquel otro cambio, más importante, -el cambio cualitativo-, tal como parece suceder en el fenómeno de la depresión. En este sentido, concebimos a los sujetos como sistemas cuyos acontecimientos -conducta- son regidos, en todo momento, mientras permanecen en equilibrio, por un conjunto de atractores estables -vías conductuales-. La depresión se concibe así, como una ruptura de equilibrio, en la que el sistema es precipitado hacia atractores que se salen del rango de la supervivencia del sistema. La teoría matemática de modelos dinámicos nos permitirá establecer las consideraciones generales que deben cumplir los sistemas para mantenerse estables.

#### 4.2.- Consideraciones generales sobre el modelo

En primer lugar, diremos que procuraremos evitar el término *causa*, conscientes de que no es posible encontrar la *causa* de la depresión. Entendidos los sujetos como sistemas, todo acontecimiento ocurre en el seno de una relación -de una interacción-, y se necesita, por tanto, el concurso de varios factores para que suceda algo. En términos de la moderna psiquiatría, tal conjunto de factores

configura lo que ha venido a llamarse *el campo sistémico etiopatogénico* (Rojo Sierra, 1984, pág. 37). Se entiende así, tal campo como un sistema donde converen distintas fuerzas, y donde es la especial combinación de ellas -la resultante-, y no el efecto de las distintas particularidades, lo que marca realmente la causa -etiopatogénesis-. Se consideran así, factores biológicos, factores dispocionales y factores desencadenantes, y toda depresión derivará del concurso de estos elementos. Cuando hay interacción, alguna dosis debe haber de los distintos componentes para que dé lugar a algún proceso, de la misma manera que para que el producto de varios números dé algo, en alguna cantidad deben presentarse ellos. Basta que uno cualquiera valga cero para que el resultado sea cero.

Desde otra perspectiva, se podrán agrupar los distintos factores en dos amplias categorías: endógenas o exógenas. Los primeros hacen referencia a las predisposiciones endógenas y los segundos a las influencias ambientales. La depresión como cualquier otra enfermedad mental, dependerá de la interacción de ambos componentes. Podemos imaginarnos un *continuum* en el que en un extremo estarían las influencias ambientales, y en el otro, las predisposiciones endógenas, oscilando toda depresión entre ambos extremos. De esta forma, la consideración de depresión exógena o endógena se establecerá según el grado de aproximación a tales extremos, pero siempre habrá una cierta participación de ambos factores. Debe haber una perturbación que el sistema no puede contrarrestar. Si el sistema es muy estable, la perturbación deberá ser fuerte, por el contrario, a un sistema inestable, cualquier perturbación lo sacará fuera del equilibrio.

En el modelo que hemos desarrollado se contempla un conjunto de circularidades. Los sujetos configuran cadenas de acontecimientos en bucle cerrado. Cualquier incidencia en cualquier lugar, se extenderá al conjunto de la cadena, pero, considerando el sistema como una configuración espacio-temporal, habrá lugares -puntos en la hipersuperficie de conducta- más sensibles, donde el sistema adoptará otra

morfología. Estos puntos -puntos de bifurcación- serán objeto de un detenido estudio merced a la aplicación de la teoría de las catástrofes, y parecerá que las causas residen especialmente en esos lugares, por ser allí donde las pequeñas variaciones tienen mayores consecuencias, pero no hay nada que *conceptualmente* permita distinguir allí causas que no las hubiera en otra parte.

Igualmente, se contempla, dentro de este conjunto de subsistemas, unos que ocupan posiciones más interiores que otros. Algunos subsistemas toman sus "entradas" del exterior y envían sus salidas a otros subsistemas. En la medida que la supervivencia de todo subsistema exige una mayor permanencia que su entorno, cabe esperar que sus salidas presenten menos variedad que sus entradas y que conforme vayamos profundizando en el interior del sistema nos encontremos subsistemas más constantes, o utilizando la terminología de Margalef (1980), de *menor tasa de renovación*. Este aspecto es importante, y de la misma manera que en el fondo del mar cabe esperar menos fluctuación que en la superficie, también podrá suponerse que en la periferia de los seres humanos -el entorno de sus sentidos: vista, oídos, tacto ..etc- habrá más variabilidad que a otros niveles: pensamientos y emociones. Los subsistemas más permanentes son los más densos y allí quedará depositada la información por más tiempo. Son la memoria del sistema, de la misma forma que la superficie del mar es la memoria del viento, y el fondo del mar -la arena- es la memoria de las turbulencias marinas. La depresión entra en el sistema, vía los acontecimientos exteriores, éstos se transforman en algo más permanente que son los pensamientos, que, a su vez, lo son de las emociones, y por último la depresión se asienta en el subsistema más profundo, a nivel biológico, y desde allí, desde el subsistema de menor tasa de renovación y mayor memoria será más difícil desterrarlo.

A efectos prácticos la tasa de renovación se traduce en el *retraso* con que la información se transmite. El agua es más densa que

el aire. Lo sabemos porque allí los acontecimientos son más lentos. El recurso formal que utilizaremos para simular subsistemas con distintas tasas de renovación serán los retrasos en la forma que ha sido propuesta por Forrester (1961). En el fenómeno de la depresión hay que ser conscientes de su incidencia sobre niveles profundos, y en las estrategias terapéuticas tener presente que objetivos a corto plazo no siempre es lo más recomendable. Los retrasos darán lugar a que las medidas que se tomen hoy en la periferia del sistema, por ejemplo, a través de la terapia de conducta, no lleguen al interior del sistema hasta pasado un cierto tiempo. Sólo es cuestión de esperar, pero una vez logrado, los efectos se mantendrán por largo tiempo. En psicología, como en medicina y en economía, medidas a corto plazo, a pesar de su espectacularidad, no siempre son las más recomendables. Hay un conflicto entre objetivos que debe ser resuelto.

Como se ha indicado, los sistemas se mantienen estables cuando en todo momento disponen de respuestas que permiten compensar las perturbaciones del medio. Un sistema compensado es un sistema equilibrado. No todas las compensaciones son igualmente eficaces, por lo que no todos los equilibrios serán igualmente estables. Mostraremos cómo a nivel matemático, la estabilidad de un sistema queda definida por la naturaleza del conjunto de *atractores* que lo configuran, - puntos de equilibrio o de simetría del sistema-. Los acontecimientos se deslizan a lo largo de surcos espacio-temporales -*cuencas de atracción*-, y según la amplitud de tales cuencas así será la estabilidad del sistema. Cuencas amplias mostrarán equilibrios estables, donde perturbaciones relativamente importantes no logren sacar los acontecimientos de su campo de atracción. Por el contrario, cuencas estrechas darán lugar a que pequeñas perturbaciones precipiten al sistema fuera de sus atractores definidos, y vayan a parar, bien al entorno de otro atractor, o bien fuera de cualquier entorno perdiendo toda posibilidad de equilibrio.

Procederemos al análisis matemático de la *morfología* de tales atractores, y examinaremos las condiciones que permitan a los sistemas mantenerse estructuralmente estable. Igualmente haremos algunas consideraciones generales sobre las propiedades de los sistemas *alejados del equilibrio* en los términos propuestos por Prigogine (1979), que es lo que parecen mostrar los sujetos cuando se encuentran bajo una situación de ansiedad prolongada.

En resumen, en el modelo que expondremos a continuación llevaremos al terreno concreto aquellas ideas que, en los capítulos anteriores, han sido expuestas de forma un tanto general. Como hemos indicado, no todas las formulaciones verbales al respecto son, por el momento, susceptibles de transformarse cabalmente en ecuaciones matemáticas o en un lenguaje de ordenador. Una exposición formal siempre ofrece más limitaciones que la imaginación, pero entendemos que debe valorarse el esfuerzo por tal empeño, y creemos que en gran parte los objetivos han sido logrados. Mostraremos cómo el control es posible expresarlo en términos de la eficacia de la realimentación negativa, cómo la variedad del sistema -información- es una garantía (hasta ciertos límites) contra la depresión. Igualmente procederemos al estudio del análisis cualitativo del sistema -condiciones de estabilidad y catástrofe-, desde consideraciones matemáticas, con lo que se imprimirá un cierto rigor a todo lo expuesto hasta ahora.

#### 4.3.- Descripción verbal del modelo

Procederemos, inicialmente, a hacer una exposición verbal o literaria del modelo, merced al cual se ofrezca, en una primera aproximación, una idea global de sus aspectos más significativos. Pretendemos, con ello, introducir al lector en la lógica del modelo sin el recurso de conceptos matemáticos e informáticos, y hacerlo, de



esta forma, más comprensivo. Por otro lado, debe recordarse que todo modelo formal encuentra su sustento en un modelo mental, es decir, en la particular concepción -hipótesis y conjeturas- que los sujetos tienen de la realidad. Así pues, es en este apartado, independientemente del formalismo posterior, donde se vierten las ideas fundamentales que dan cuenta del modelo, y hacia donde deben dirigirse las críticas.

En el capítulo anterior se ofreció una panorámica general de los distintos modelos de la depresión. En todos ellos se destacaban una serie de factores que estaban presentes en toda depresión. Se reconocían distorsiones cognitivas, así como trastornos emocionales y fisiológicos. La diferencia entre unos modelos y otros radicaba, no tanto en los aspectos incidentes en la depresión, como en la importancia concedida a a estos aspectos, y sobre todo en la *secuencia* que seguía el proceso de la depresión. Hay un factor desencadenante o "causa", y el resto del proceso debe su dinámica a tal factor. Desde la óptica conductista, la causa cabe adscribirla a la ausencia de reforzadores, que da lugar a un empobrecimiento conductual, y a partir de ahí, y secundariamente se producirán trastornos afectivos y fisiológicos. El modelo cognitivo atribuye la primacía a las cogniciones depresógenas que producirán reacciones emocionales y trastornos fisiológicos. El psicoanálisis es, en nuestra opinión una variante cognitiva, en la medida que es en los planteamientos que el sujeto tiene sobre su propia existencia donde inciden tales terapias. Y por último, el modelo de indefensión aprendida que no es más que un modelo mixto conductual cognitivo con especial insistencia en la percepción de no control. Por último los enfoques bioquímicos atribuyen el origen de la cadena a los trastornos fisiológicos.

Todos estos modelos, a pesar de sus diferencias, presentan, no obstante, una misma forma de contemplar la naturaleza. Parten de la consideración, ya mencionada, de *causalidad lineal*, merced al cual los acontecimientos se desenvuelven a lo largo de una cadena

líneal, donde hay un comienzo y un final. Los eslabones de la cadena son los mismos. La diferencia, cabe atribuirse, tan sólo, al orden que éstos presentan.

En el modelo que aquí presentamos partiremos de la consideración que hay una cierta circularidad (o interacción) entre los distintos acontecimientos, lo que no debe entenderse como una perfecta simetría entre ellos (ya nos extenderemos sobre este punto). En una primera aproximación, consideraremos de acuerdo con los anteriores modelos, en distinguir en el fenómeno de la depresión, cuatro factores fundamentales: a) conducta, b) cogniciones, c) emociones y d) transtornos fisiológicos. De forma muy general y simplificada podríamos exponerlos de la siguiente manera:

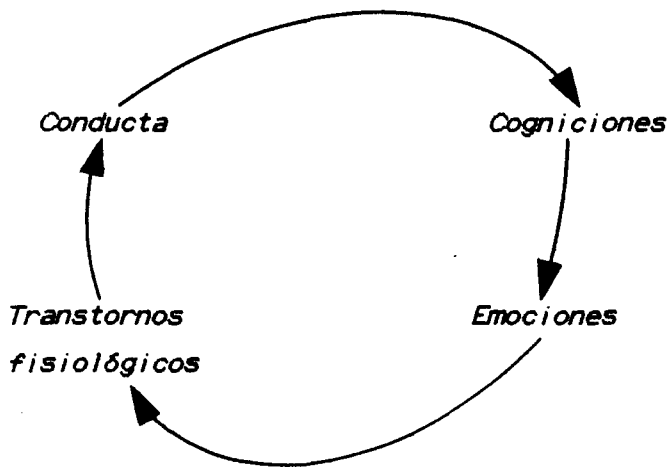


Figura 4.1

Si imagináramos una hipotética tijera que cortase en algún lugar este círculo, obtendríamos, según donde se cortara, los distintos modelos. Si se cortara, justamente, antes de la conducta, y extendiésemos el círculo tendríamos un segmento de origen la conducta y punto final los transtornos fisiológicos. Si se cortara antes de las cogniciones, e hicieramos lo mismo, obtendríamos el modelo cognitivo, y así, tras diferentes cortes derivarían los distintos modelos.

Pero, en el modelo que estamos tratando, aunque se consideran las relaciones circulares de vital importancia (de hecho, es la característica principal de los sistemas), no obstante, no se agota todo dinamismo en tal circularidad. Si fuera así, la figura 4.1 sería autosuficiente, y la depresión nunca podrá comenzar ni finalizar. Como se recordará, todo sistema tiene un entorno, y en la medida que todo sistema es una acotación necesaria, y hasta, cierto punto arbitraria, habremos de reconocer acontecimientos ajenos al sistema que inciden sobre el mismo, e incluso, desde la consideración de los sistemas como entidades autoorganizadas, algunos acontecimientos surgirán en el seno del sistema y dará lugar a un cierto dinamismo. Así pues, en nuestro modelo se reconocen relaciones circulares, pero el dinamismo del sistema no se agota en tales círculos, sino que su origen puede ser externo o bien, interno. Y si hemos de hacer alguna concesión al término de causa, ésta será, como ya hemos indicado, todo aquello que rompa la simetría del sistema. Depende, pues, de la particular configuración de cada sistema. Algunos sistemas contendrán, por ejemplo, un subsistema biológico especialmente inestable, de tal forma que cualquier pequeña perturbación como gripe, medicación, parto, o simplemente debido al deterioro físico de la edad, lo precipitará a la depresión. En este caso, con todas las limitaciones indicadas, la causa será más bien endógena. Otros sistemas, contendrán un subsistema cognitivo, especialmente lábil, cargado de autoaserciones negativas, adquiridas a lo largo de su vida. O simplemente puede ocurrir la muerte de un ser querido. De esta forma, la ruptura de simetría del sistema puede venirle desde cualquiera de los subsistemas que lo integran.

No puede darse una fórmula general sobre el origen de la depresión. Sólo se contempla un sistema global compuesto por un conjunto de subsistemas, y desde la inestabilidad de cualquiera de los subsistemas se podrá romper el equilibrio del sistema en su totalidad. La inestabilidad de algunos subsistemas podrá arrastrar a otros, pero si

éstos fueran suficientemente estables podrán compensar las alteraciones de los primeros y globalmente el sistema mantendrá su estabilidad. La muerte de un ser querido precipitará a la depresión si otros subsistemas, como el cognitivo o biológico presentan un equilibrio precario, pero no en caso contrario. La depresión surge en el seno de una interacción. Es necesario el concurso de varios para que dé lugar, aunque se reconoce que el *peso* de los distintos factores no ha de ser el mismo. Depende de las circunstancias particulares de cada individuo, y como veremos más adelante, de la misma estructura del sistema que ellos configuran, existiendo variables, que por su posición, presentarán más incidencia, al variar, sobre el conjunto del sistema, y parecerán por tanto, más "causales".

En el modelo propuesto, contemplamos cuatro subsistemas: logro, cogniciones, emociones y biológico. Todos ellos presentan interacciones entre sí, y la depresión puede venir provocada por la ruptura de simetría en cualquiera de ellos (a excepción del subsistema de emociones que se encuentra a caballo entre el subsistema de cogniciones y biológico, dependiendo sus valores de ambos). No obstante, en el presente modelo, por razones de economía sólo consideraremos las depresiones de tipo psicógeno. De esta forma el subsistema biológico ha sido simplificado, y nos hemos interesado tan sólo por los aspectos energéticos del mismo. Por otro lado, consideramos a las cogniciones como variables moduladoras. Supondremos que no es una cognición espontánea (aunque, desde la libertad, sea posible) la que provoca la depresión, sino que en la interacción de los sujetos con el medio, "algo" ocurre, y de la interpretación de este algo se desarrollará el proceso depresivo. Así pues, para simplificar, supondremos que algo incide en el sistema desde el exterior, y a partir de ahí se desencadena todo el proceso.

En términos generales, y en una primera aproximación verbal a este fenómeno, digamos que la depresión surge en un contexto de adaptación como consecuencia de la incapacidad del sujeto por ofrecer

una alternativa de respuesta a una determinada perturbación del medio. Cuando ésto sucede, las variables esenciales del sistema, aquí emociones y energía, rebasan un determinado umbral, y a partir de ahí se produce la ruptura de equilibrio -catástrofe- y el sistema se precipita en depresión.

En términos más concretos, supondremos que tienen lugar determinados acontecimientos en el medio que el sujeto no puede controlar. Percibe que carece de control. A raíz de ahí se producirán determinadas reacciones emocionales -ansiedad- que serán mayores cuanto más negativas sean las interpretaciones establecidas al respecto -cogniciones-. Si la situación de ansiedad se hace persistente y alcanza una cierta intensidad, se llegará a producir una alteración más o menos profunda en el sistema nervioso -agotamiento nervioso- que dará lugar a ciertas perturbaciones fisiológicas: cansancio crónico, insomnio, anorexia ..etc. En tal situación el sujeto carece de fuerzas para hacer frente a las demandas del medio. Su eficacia disminuye, y percibe, por tanto que su conducta es ineficaz. De esta forma, sus expectativas de éxito se reducen, y en consecuencia, emite menos conducta. Al disminuir su esfuerzo, cada vez consigue menos cosas, y se nutre de pensamientos negativos sobre sí mismo. Tal circunstancia -bajo nivel de logro y cogniciones negativas- dará lugar a alteraciones emocionales, que a su vez lo harán más pesimista y además lo agotarán, disminuyendo, cada vez más, su nivel de actividad y, por tanto, sus expectativas de éxito .... etc. De esta forma, el sujeto se precipita en una serie de círculos viciosos -realimentación positiva- que lo sumirán en la más absoluta desesperación. Cuantas menos cosas eficaces haga, más consciencia tendrá de su inutilidad. Cuanto más pensamientos negativos tenga de sí mismo peor se sentirá, más se agotará, y menos cosas hará ... y así, sucesivamente.

Desde la perspectiva de la intervención terapéutica, se contempla en el modelo varias alternativas. Se puede actuar a nivel biológico mediante la ingestión de fármacos, alimentación adecuada y/o

realización de ejercicios físicos que energicen al sujeto. A nivel de cogniciones se puede proceder, mediante reestructuración cognitiva, a un incremento de los pensamientos positivos. A nivel conductual - logro- puede asegurarse una mayor eficacia en la acción -control-, bien incrementando la habilidad del sujeto (técnicas de asertividad, relaciones sociales, resolución de problemas ..etc), o bien descomponiendo los objetivos iniciales en una serie de subobjetivos escalonados a los que pueda acceder más fácilmente.

#### 4.4.- Descripción formal del modelo

Nuestro propósito es lograr un modelo cuyos enunciados sean susceptibles de ser simulados. En este sentido, las formulaciones verbales han supuesto una primera aproximación, pero es necesario descender a un lenguaje más concreto, donde las proposiciones puedan articularse con un mayor rigor.

El proceso de modelado, tal como aquí ha sido desarrollado, abarca tres fases diferenciadas. Se trata de tres niveles de descripción de una misma realidad que permiten introducir al observador de forma progresiva en la comprensión del modelo. En una primera descripción se especifican, gráficamente, los elementos del sistema y las relaciones que presentan entre ellos, mediante flechas orientadas. Se trata de un primer esbozo del modelo mediante lo que se denomina *diagrama causal*. Las variables quedan unidas por flechas, en cuyo extremo, se especifica por un "+" o un "-" si la relación entre ellas es positiva o negativa. En este apartado tendremos ocasión de mostrar, precisamente, el desarrollo del diagrama causal de nuestro modelo, por lo que, por el momento, no nos extenderemos más al respecto.

La segunda fase es más técnica, y su manejo obliga a conocer una determinada simbología. No es más que una ampliación del diagrama causal, donde normalmente se alcanza un mayor nivel de resolución, y donde las variables se clasifican en distintas categorías, según el tipo de función que realizan. Así, se distinguen variables de nivel, de flujo, auxiliares, exógenas ..etc. La representación gráfica correspondiente a esta fase se denomina *diagrama de Forrester*, en honor a su autor. Tal diagrama no es un simple organigrama donde contemplar la dinámica del sistema, sino que su misma expresión lleva implícita una determinada concepción de la naturaleza, al estilo de como ha sido expuesta a lo largo de esta tesis. En primer lugar, se entienden los acontecimientos *fluyendo* en el tiempo, y lo que interesa especialmente es su dinámica. Por otro lado, se producen *acumulaciones* de estos acontecimientos en ciertos lugares. Son los depósitos, o si se quiere, la *memoria* del sistema. Esencialmente, tal como se expresa en tales diagramas, la realidad está formada por flujos -variables de flujo-, y por depósitos -variables de nivel-. El resto de las variables sirven para articular las relaciones entre los flujos y los depósitos, y en cierto sentido, pueden ser subsumidas dentro de alguna de estas dos categorías.

Por último, una vez logrado el nivel de concreción que proporciona el diagrama de Forrester, se procede a dotar a tal entramado de las correspondientes ecuaciones matemáticas que den cuenta, de forma precisa, de la evolución numérica de las distintas variables en el tiempo. El método matemático adecuado al tratamiento de flujos y niveles -es obvio decirlo- corresponde a sistemas de ecuaciones diferenciales. La ecuación diferencial resuelve el flujo, y el desarrollo de la integral, el depósito. Los sistemas se mantienen estables cuando, en sus intercambios con su entorno, las entradas compensan las salidas, o dicho en otros términos, cuando la diferencia entre los flujos de entrada y salida vale cero. Por tal razón, resolver el equilibrio del sistema no es más que cuestión de igualar a cero el conjunto de ecuaciones que inciden sobre las variables de nivel.

Entonces, hay equilibrio o simetría espacio-temporal, en el sentido de que la dinámica de los acontecimientos que inciden sobre el sistema es equivalente a los acontecimientos que derivan de él.

Un sistema de ecuaciones diferenciales presenta, en nuestra opinión, algunas ventajas que no deben ser descuidadas por aquellas personas que se dedican a la ciencia desde sus aspectos metodológicos, y en especial, desde la estadística. Cuando se trata de estructuras complejas, puede ser conveniente conocer la dinámica interna de los elementos que lo integran, y no simplemente efectuar un corte transversal, como hace el análisis factorial. Por otro lado, las técnicas multivariadas tienen dificultades para operar con no linealidades, y más aún con las interacciones, dificultad fácilmente solucionable con las técnicas que estamos proponiendo.

Aunque nada impide resolver el conjunto de ecuaciones a mano o con una calculadora numérica, es evidente que la complejidad del sistema hace aconsejable la utilización de un ordenador. Cualquier lenguaje de alto nivel puede ser válido, como BASIC, FORTRAN, PASCAL ...etc, pero hay un lenguaje específico, denominado *DYNAMO* que facilita los cálculos. Por nuestra parte, las ecuaciones del presente modelo han sido resueltas, inicialmente, a través del lenguaje BASIC, pero, ultimamente, la amabilidad del profesor Aracil nos ha permitido acceder al compilador *DYNAMO* y resolver las ecuaciones merced a dicho lenguaje.

Así pues, es nuestra intención en este apartado proceder, según la secuencia comentada, a la exposición del modelo que hemos desarrollado. Comenzaremos por apuntar un esbozo del conjunto del modelo merced al recurso del diagrama causal. Ofreceremos, de esta forma, una primera visión global del fenómeno. Posteriormente, expondremos el diagrama de Forrester y el conjunto de ecuaciones matemáticas, expresadas en lenguaje *DYNAMO*, que dan cuenta de ello. En este punto, y al objeto de facilitar su comprensión, no se ofrecerá una



exposición conjunta del modelo sino que se desglosará en los distintos subsistemas que lo componen. Se hará inicialmente, un análisis por separado, y una vez realizado, se aglutinarán de nuevo todos los subsistemas en el sistema total, y se procederá al estudio de tal conjunto. Por otro lado, daremos por supuesto que el lector conoce la simbología de Forrester y el lenguaje DYNAMO. De no ser así, le remitiremos a la obra de Aracil (1983) o de Martínez y Requena (1986) en las que se ofrecen una excelente introducción a este tema. No obstante, en el análisis inicial del primer subsistema -subsistema de logro-, explicaremos algunos conceptos básicos, sin ánimos de ser exhaustivos, cuando éstos salgan a colación.

#### 4.4.1.- Diagrama causal

Como ya hemos indicado nuestro modelo consta de cuatro subsistemas: logro, cogniciones, emociones y biológico. La depresión aparece cuando el sujeto no logra la congruencia exigida entre su mundo *real* y su mundo *proyectado*, o si se quiere, cuando carece de la respuesta adecuada a las exigencias del medio. La depresión surge en el seno de una discrepancia. Así que supondremos, en una primera instancia, que algo debe ocurrir en la esfera de la conducta, en el sentido de que el nivel de logro del sujeto (aquí logro se refiere a conducta eficaz) no alcanza el nivel por él esperado. A partir de un bajo nivel de logro se generarán pensamientos de ineficacia, que darán lugar a reacciones emocionales. De la persistencia e intensidad de tales estados emocionales devendrá el agotamiento nervioso que precipitará al sujeto, en términos biológicos, hacia la depresión. Y a partir de tal agotamiento carecerá de fuerzas para emitir conducta, con lo que se cerrará el círculo. En el siguiente esquema queda ilustrado.

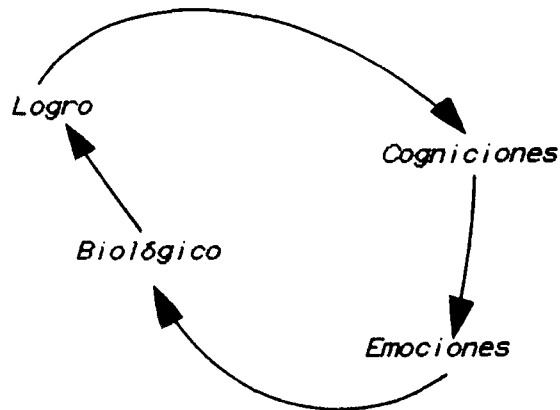


Figura 4.2

El subsistema biológico se refiere a los aspectos generales de salud o si se quiere de vitalidad. En este sentido, nos interesan los aspectos energéticos, por lo que a tal sistema lo denominaremos, de aquí en adelante, como subsistema de energía. No creemos con ello introducir ningún término exotérico, sino tan sólo ser coherente con otros planteamientos, como, por ejemplo, los establecidos en biología, donde es moneda común hablar de los flujos de energía que atraviesan los ecosistemas o la transacción de energía en la relación depredador/presa. Por otro lado, supondremos que existe una relación circular entre emociones y cogniciones, en el sentido de que ambas se condicionan mutuamente. Una situación de tristeza generará pensamientos tristes, de la misma manera que inducir a un sujeto pensamientos negativos le producirá tristeza. Igualmente existirá una relación circular entre cogniciones y logro, por cuanto pensamientos de ineficacia darán lugar a menor actividad, y al tener menos actividad, tendrá conciencia de su ineficacia. Así pues el diagrama de la figura 4.2 quedará ampliado de la siguiente manera:

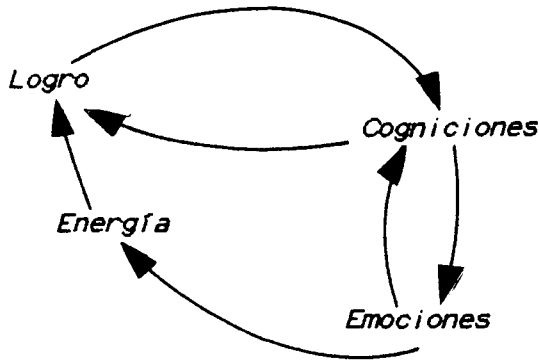


Figura 4.3

Por otro lado, supondremos que el estado de bienestar físico -energía-, nutre a los otros subsistemas. Como ya se ha indicado, un bajo nivel de energía no permitirá al sujeto realizar grandes esfuerzos, y por tanto, al carecer de fuerzas, reducirá su actividad. Esta es precisamente una de las sensaciones más penosas de los depresivos: sentirse completamente abatidos. Por otro lado, cuando el sujeto se sienta agotado, tampoco tendrá fuerzas para hacer frente -contrarrestar mediante pensamientos positivos- a pensamientos negativos, obsesiones, temores ..etc, que harán fácilmente presa de él. Del mismo modo, un tono vital bajo contribuirá a hacer las emociones aún más penosas. Así:

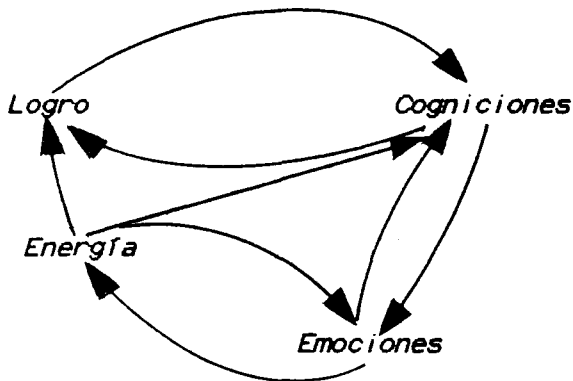


Figura 4.4

Igualmente podrá ampliarse el grado de resolución de algunos subsistemas. Tomando como referencia el subsistema de logro, podremos suponer la existencia de una variable intermedia entre el nivel de energía y el nivel de logro. Tal como sugieren Lawler y Porter (1977), distinguiremos entre esfuerzo y logro. El esfuerzo realizado depende de la energía del sujeto y revierte sobre su nivel de eficacia. Pero no todo esfuerzo se rentabiliza en logro, depende de la habilidad de la persona para que haya una mayor o menor proporción de esfuerzo efectivo. Por otro lado, sobre el esfuerzo incidirá el nivel de aspiración que se tenga y las expectativas de que tal esfuerzo lleve a resultados concretos. Las expectativas de éxito dependerán simultáneamente de la proporción de éxito logrado, y de la forma de interpretar -cogniciones- tal proporción. Así contemplamos como las expectativas inciden sobre las cogniciones de la misma forma que las cogniciones sobre las expectativas.

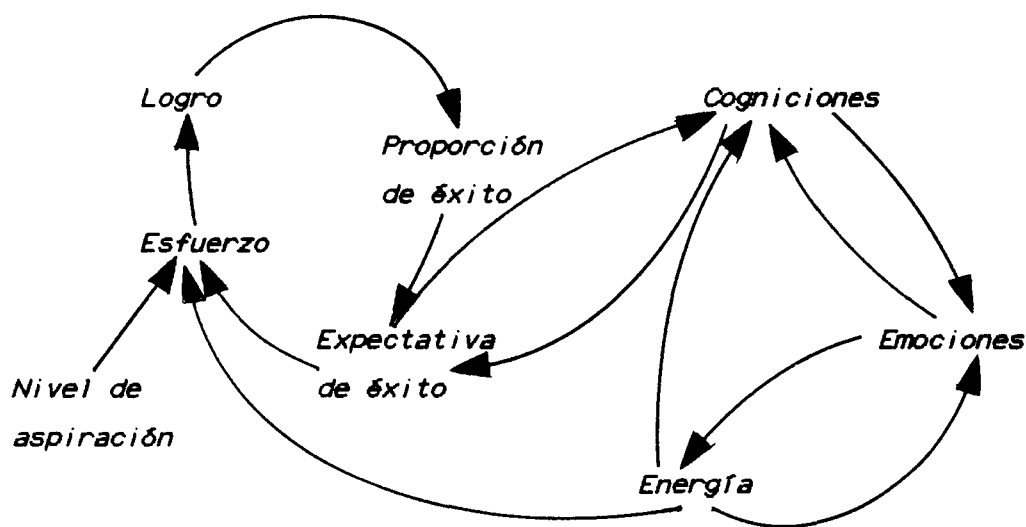


Figura 4.5

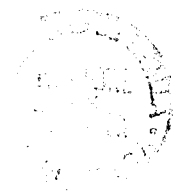
De esta forma, creemos haber ofrecido un primer esbozo del modelo que proporcione una cierta visión global del fenómeno de la depresión. Aunque puede ampliarse el nivel de resolución de la figura 4.5 no lo haremos, por el momento, a sabiendas de que hacerlo más complejo es también hacerlo más confuso. Dejaremos tal propósito para los diagramas de Forrester y ecuaciones, donde la misma lógica del proceso de modelado exigirá la máxima concreción.

De esta forma, creemos haber ofrecido un primer esbozo del modelo que proporcione una cierta visión global del fenómeno de la depresión. Aunque puede ampliarse el nivel de resolución de la figura 4.5 no lo haremos, por el momento, a sabiendas de que hacerlo más complejo es también hacerlo más confuso. Dejaremos tal propósito para los diagramas de Forrester y ecuaciones, donde la misma lógica del proceso de modelado exigirá la máxima concreción.

#### 4.4.2.- Diagrama de Forrester y ecuaciones

Una vez trazado un primer boceto -diagrama causal- de los procesos de la depresión, procederemos a enriquecerlo merced a los diagramas de Forrester y ecuaciones. De esta forma, proporcionaremos un nivel mayor de información al respecto. Merced al diagrama de Forrester revestiremos de significado aquello que en el diagrama causal son simplemente nombre de variables, y se determinará así la función exacta que realizan. Por otro lado, las ecuaciones matemáticas proporcionarán el rigor necesario. Igualmente procederemos a un análisis cualitativo del modelo que permita conocer su *forma* de comportamiento, consciente de que estos aspectos revisten mayor interés que los exclusivamente cuantitativos.

Al objeto de facilitar una mejor comprensión del modelo procederemos a analizar por separado los distintos subsistemas que lo integran. Estudiaremos el comportamiento de cada uno de ellos, suponiendo, momentáneamente, a los restantes como su *entorno*, descuidando las interacciones entre ellos, y considerando las distintas entradas como variables exógenas, que haremos constantes en la mayoría de los casos. Por último, una vez estudiados todos y cada uno de los subsistemas, serán integrados de nuevo en el modelo global, donde serán estudiados conjuntamente.



#### 4.4.2.1.- Subsistema de logro

El subsistema de logro, como los restantes subsistemas, está formado por una cadena cerrada de acontecimientos. Decidir -dentro de tal cadena- qué suceso es el original es una cuestión arbitraria. No obstante, empezaremos por alguna parte, conscientes de que cualquier otra sería igualmente válida. Al final cerraremos el círculo, y el último elemento, que parecerá el efecto postrero, resultará ser la condición del primer eslabón.

Empezaremos por suponer que todo logro exige un esfuerzo, e intentaremos, en una primera instancia, conocer qué variables inciden en él, y determinar la cuantía del grado de influencia.

De acuerdo con Atkinson (1958) supondremos que la motivación -aquí, esfuerzo- es función del motivo, de la expectancia y del incentivo, según la siguiente expresión:

$$\text{Esfuerzo} = f(\text{Motivo} \times \text{Expectancia} \times \text{Incentivo})$$

(1)

La variable expectancia viene representada por la probabilidad subjetiva de éxito en el logro de una tarea ( $P_s$ ), y el valor incentivo, que se refiere a la fuerza de atracción de dicha tarea, de alguna forma guarda relación con la dificultad de la misma, en el sentido de que cuanto más difícil sea conseguirla para el individuo más le atraerá su logro. Por el contrario, aquellas tareas fáciles apenas merecerán su atención. La cuantía del valor incentivo podrá ser  $1 - P_s$ . Cuando  $P_s = 0$ , el incentivo será máximo, y cuando  $P_s = 1$  -tarea muy simple-, el incentivo será mínimo. De esta forma, según Atkinson, la expresión (1) se transformaría en aquella otra.

$$\text{Esfuerzo} = P_s \times (1 - P_s) \times \text{Motivo}$$

(2)

El término "motivo" no parece una variable fácilmente operativizable, tal como viene expresada por este autor. De alguna manera "motivo" es "lo que mueve", la disposición hacia algo (McClelland, 1951) o una cierta "capacidad de satisfacción (Winterbotton, 1953). Más razonable parece considerar las motivaciones y los motivos dentro del contexto del desequilibrio. Motivo es lo que permite al sistema recuperar el equilibrio o la asimetría perdida, que en este caso, viene marcada por la discrepancia entre el nivel de logro y el nivel de aspiración. Como se ha indicado, los sujetos actúan para lograr la necesaria congruencia entre su estado actual y su estado deseado. Así pues, donde pone "motivo" pondremos la diferencia entre el nivel de aspiración (Na) y el nivel de logro (Nil):

$$\text{Esfuerzo} = P_s \times (1 - P_s) \times (N_a - N_{il})$$

(3)

Además de considerar que los sujetos actúan para salvar esta discrepancia, supondremos un factor de ponderación, por el que independientemente del desequilibrio superado, unas tareas puedan resultar más agradables que otras. Por ejemplo, nos alimentaremos básicamente para superar un cierto estado de necesidad, pero unos alimentos -aparte de sus aspectos alimenticios- serán preferidos a otros. Consideraremos así, de acuerdo con autores como Vroom (1964) o Lawler y Porter (1973) un factor de valencia o de atracción que potencia el esfuerzo y que depende de la naturaleza de la tarea en cuestión. La denominaremos valencia (Va):



$$\text{Esfuerzo} = Ps*(1-Ps)*(Na-Nil)*Va$$

(4)

Por último, supondremos que el esfuerzo que una persona puede realizar depende del vigor físico que tenga, de su estado de salud. Con ello enlazamos el subsistema de logro con el subsistema de energía. Así pues, el esfuerzo viene condicionado por un factor de energía (Fe):

$$\text{Esfuerzo} = Ps*(1-Ps)*(Na-Nil)*Va*Fe$$

(5)

Pero, como ya se ha indicado, no todo el esfuerzo revierte en logro. Depende del grado de habilidad del sujeto la efectividad de su esfuerzo. Suponemos, de esta forma, que la habilidad incide multiplicativamente sobre el esfuerzo. Su valor oscilará entre 1 y 0. Así una habilidad de 1 indicará un 100% de esfuerzo rentable; una de 0 mostrará un esfuerzo absolutamente inútil. Así pues, de acuerdo con Vroom (1964):

$$\text{Logro} = \text{Esfuerzo} * \text{Habilidad}$$

(6)

Combinando las ecuaciones (5) y (6) tendremos que el valor del logro (nivel de ejecución, desempeño, rendimiento efectivo ..etc) tendrá por valor:

$$\text{Logro} = \text{Ps} \times (1 - \text{Ps}) \times (\text{Na} - \text{Nil}) \times \text{Va} \times \text{Fe} \times \text{Habilidad}$$

(7)

Del logro obtenido derivará una variable que denominaremos proporción de éxito (Pre). Los sujetos se marcan unos determinados objetivos -nivel de aspiración-, y en base a ellos evalúan su conducta. El cociente entre el número de éxitos y el número de propósitos -aquí, nivel de logro y nivel de aspiración-, mostrará la proporción del objetivo conseguido.

$$\text{Pre} = \text{Nil} / \text{Na}$$

(8)

De la interacción de la proporción de éxito con las cogniciones del sujeto derivará la probabilidad subjetiva de éxito (Ps) que el sujeto se atribuye. Hemos supuesto la existencia de un factor de cogniciones (Fco) que modula la proporción de éxito, en el sentido de que para valores altos de las cogniciones -optimismo- tal probabilidad subjetiva de éxito será mayor que cuando el sujeto se halle en una situación de un nivel bajo de cogniciones positivas -pesimismo-, aunque los logros objetivos sean los mismos. Así pues:

$$\text{Ps} = \text{Ps} \times \text{Fco}$$

(9)

A su vez, de la probabilidad subjetiva de éxito -expectativas- derivará, junto a otros factores, el esfuerzo que el sujeto realizará, y volveremos a la ecuación (1), con lo que se repetirá, de nuevo,

el ciclo comentado. Se contempla, de esta forma, cómo un subsistema está comprendido por un conjunto de acontecimientos en bucle cerrado.

#### 4.4.2.1.1. Diagrama de Forrester

Como se ha indicado, el diagrama de Forrester constituye un segundo paso en la descripción de los modelos basados en la dinámica de sistemas. Si seleccionamos del diagrama causal el subsistema de logro, y lo sometemos a una ampliación en su nivel descriptivo según la simbología de Forrester tendremos el siguiente gráfico:

Figura 4.7

Puede contemplarse una única variable de nivel -NIL- que indica la cantidad de logro alcanzado por la persona en un momento determinado. Tal nivel se nutre de las actividades efectivas realizadas durante un cierto tiempo -AU-, y presenta, igualmente, un flujo de salida que corresponde, precisamente, a las actividades realizadas en el intervalo temporal anterior. No interesa un nivel de logro continuamente acumulativo, sino que se entiende que las personas se desenvuelven dentro de un cierto horizonte temporal, y en relación a sus propósitos, sólo consideran las ejecuciones realizadas durante ese tiempo, aunque lo acontecido fuera de ese marco temporal está presente como memoria, y se contempla como acumulaciones residuales, -retrasos- en nuestro modelo. Efectivamente, de la relación entre el nivel de logro y el nivel de aspiración deriva la proporción de éxito alcanzado. Pero la proporción conseguida en cada momento no es lo único que cuenta, sino que en la memoria del sujeto se encuentran proporciones anteriores, y éstas se mezclan con las presentes. De esta forma, la variable PRE evoluciona con un cierto retraso, tal como se contempla en el diagrama. Por otro lado, esta proporción de éxito no actúa con estos valores cuando se trata de hacer estimaciones de la capacidad del sujeto en el futuro, sino que son moduladas por su situación cognitiva, en el sentido de que independientemente del monto de logro alcanzado, unos tendrán proyecciones más optimistas de su futuro -probabilidad subjetiva- que otros. Obsérvese cómo la probabilidad subjetiva no es más que la proporción de éxito que el sujeto se atribuye, en función, por un lado, de los datos objetivos, y por otro, de su estado cognitivo.

De la capacidad de éxito que el sujeto se atribuye, derivará, en conjunción con otros aspectos (estado de desequilibrio, energía, valencia de la tarea) el esfuerzo a realizar, que, en función de la habilidad, marcará la aportación de logro en un cierto intervalo temporal -AU-. Del logro conseguido, derivará la proporción de éxito, y así contemplamos cómo se vuelve a cerrar el círculo.

#### 4.4.2.1.2.- Ecuaciones DYNAMO

En este apartado nos limitaremos a describir las mismas ecuaciones ya expuestas del subsistema de logro, pero empleando la nomenclatura tradicional del lenguaje DYNAMO. No diremos nada nuevo, sino tan sólo nos ajustaremos, en términos matemáticos, a la lógica de este tipo de modelos. Igualmente, nos detendremos en algunas cuestiones de detalle que aún no han sido consideradas.

Los modelos basados en dinámica de sistema reposan en una cierta concepción sobre la realidad. Básicamente, se trata de concebir la naturaleza como esencialmente dinámica, constituida por flujos de acontecimientos, a la manera de Heráclito. Todos los sucesos que puedan ocurrir se desenvuelven en el tiempo, y el tiempo es lo que marca su sentido de permanencia, no considerarlas como cosas. Es la dinámica del cambio lo que da cuenta del desarrollo de los fenómenos -los fluxiones, que diría Newton-. Y de la misma forma que este autor utilizó ecuaciones diferenciales para dar cuenta del cambio en la dinámica celeste, se utiliza actualmente en los modelos inspirados en la dinámica de sistemas. Se contemplan, de esta forma, como variables fundamentales aquellas variables denominadas *variables de flujo*.

Por otro lado, cabe concebir otras variables que se nutren de los flujos. Son las variables de nivel. Un símil hidrodinámico nos mostrará el grifo como la variable de flujo y el depósito hacia donde se dirige el agua, como una variable de nivel. Estas variables, al nutrirse de los flujos, también experimentan cambios, luego puede considerarse como una especie de rango superior de flujos. En definitiva, se producen acontecimientos -flujos- y acumulaciones de los mismos -niveles-.

Un sistema dinámico se entiende como constituido por un conjunto de momentos a los que se les asigna una cierta duración, -aquí, DT-. Para conocer la situación del sistema en un momento determinado, hace falta saber cuál fue el cambio experimentado en el momento anterior, y para saber su evolución hacia el momento siguiente, determinar su dinámica en ese intervalo temporal. De esta forma, se distinguen tres momentos: J, K y L. El momento presente es K, el anterior, J, y el siguiente, L. Igualmente se consideran los flujos JK y KL, referente al cambio existente entre los momentos J-K, y K-L. Por ejemplo, en el caso que nos concierne, supondremos que el nivel de logro (NIL) en el momento K, será igual al nivel de logro alcanzado en el momento anterior J, más el incremento experimentado en ese intervalo. Así:

$$L \text{ NIL.K} = \text{NIL.J} + \text{DT} * (\text{AU.JK} - \text{DS.JK}) \quad (10)$$

Donde (AU.JK-DS.JK) es el incremento, o si se quiere, la diferencia entre los flujos de entrada y salida. Así:

$$\begin{aligned} \text{AU.JK} &= \text{Aumento de logro en el intervalo JK} \\ \text{DS.JK} &= \text{Disminución de logro en el intervalo JK} \end{aligned}$$

Por otro lado, el incremento de logro en el intervalo KL vendrá determinado por la habilidad (HAB) en el momento K, y el esfuerzo (ESF) realizado en ese mismo momento:

$$R \text{ AU.KL} = \text{HAB.K} * \text{ESF.K} \quad (11)$$

Como nos interesa que el nivel de logro no sea excesivamente acumulativo, supondremos que los sujetos se marcan objetivos para un cierto intervalo temporal, y lo que evalúan es el nivel de logro para dicho intervalo. Así pues:

$$R \text{ DS.KL} = \text{NIL.K}$$

(12)

Y como se sabe, el esfuerzo depende de las expectativas (PS), del incentivo (1-PS), de la discrepancia entre lo logrado y lo aspirado (NA-NIL), del factor de energía (FE), y de la valencia por la tarea (VA):

$$A \text{ ESF.K} = \text{PS.K} \times (1 - \text{PS.K}) \times (\text{NA} - \text{NIL.K}) \times \text{FE} \times \text{VA}$$

(13)

La probabilidad subjetiva (PS) es, por un lado, un retraso a partir de la proporción de éxito (PRE) y, por otro, efecto de las cogniciones. Se entiende que los sujetos hacen sus evaluaciones futuras en base a lo acontecido en el momento presente, pero también por lo ocurrido en tiempos pasados. Así, no hacen sus estimaciones exclusivamente por la proporción de éxitos en ese momento sino que éstos se promedian con los anteriores. Además, incidirán sobre los mismos, su situación cognitiva. De esta forma, se contempla en la probabilidad subjetiva (PS), como paso intermedio, a PS1. Así:

$$A \text{ PS1.K} = \text{SMOOTH} (\text{PRE.K}, \text{TP.K})$$

(14)

Donde **SMOOTH** es el término utilizado en lenguaje DYNAMO para referirse a los retrasos de información. (literalmente, "suavizar", ya que hace una función de promedio o alisado). Y TP se refiere al tiempo asignado al retraso.

Y considerando el efecto de las cogniciones (FCO):

$$A \text{ PS.K} = \text{PS1.K} * \text{FCO}$$

(15)

Por otro lado, se considera la habilidad, no en valores absolutos, sino relativos al nivel de aspiración del sujeto. Ya que habilidad es una proporción de logro, no tiene sentido que siempre sea la misma independiente de lo que aspire el sujeto. Por ejemplo, si para una tarea determinada, merced a su habilidad, logra un 60% de su esfuerzo, no será este mismo porcentaje el que consiga cuando la tarea sea significativamente más difícil. De esta forma supondremos que existe una habilidad inicial (INHAB) para un cierto nivel de aspiración (NA1), y que la habilidad (HAB1) se modificará cuando lo haga el nivel de aspiración (NA), según la siguiente expresión:

$$A \text{ HAB1.K} = \text{INHAB} * \text{NA1} / \text{NA}$$

(16)

Por otro lado, supondremos que la habilidad nunca podrá ser superior a 1 por mucho que disminuya el nivel de aspiración. Así pues:



$$A \text{ HAB.K} = \text{MIN}(1, \text{HAB1.K})$$

(17)

#### 4.4.2.1.3.- Análisis cualitativo

El análisis cualitativo de este subsistema nos permitirá, independientemente de la escala con la que se opere, conocer la *morfología* general de las trayectorias que definen su comportamiento. Se determinarán los *atractores -puntos de equilibrio del sistema-*, y *la magnitud de las cuencas de atracción* asociados a tales atractores. Igualmente estudiaremos cómo la modificación de los distintos parámetros del sistema afecta a la topología de atractores.

Este subsistema sólo contempla una variable de nivel. Determinar su punto de equilibrio consiste en conocer su evolución cuando el tiempo tiende a infinito (Aracil, 1986, pág. 270), es decir, se trata de averiguar cual será la tendencia del sistema. Obviamente, todo sistema se mantiene en equilibrio cuando sus entradas compensan sus salidas, cuando hay equivalencia entre los acontecimientos que inciden sobre el sistema y los que emergen de él. Entonces es cuando decimos que existe simetría espacio-temporal. Resolver tal simetría se reduce, en última instancia, a igualar los flujos de entrada y salida, o si se quiere, a igualar tal diferencia con cero. Matemáticamente, como se sabe, tal circunstancia ocurrirá cuando  $dx/dt=0$ , siendo "x" la variable de nivel del sistema. En nuestro caso tendremos que:

$$d(\text{Nil})/dx = P_s*(1-P_s)*(N_a-\text{Nil})*F_e*V_a*\text{Hab}-\text{Nil} = 0$$

(18)

Sustituyendo Ps por Nil/Na

$$d(\text{Nil})/dt = \text{Nil}/\text{Na} * (1 - \text{Nil}/\text{Na}) * (\text{Na} - \text{Nil}) * \text{Fe} * \text{Va} * \text{Hab} - \text{Nil} = 0$$

(19)

Al objeto de facilitar los cálculos utilizaremos una terminología más convencional, por lo que realizaremos las siguientes sustituciones:

$$\text{Nil} \equiv x$$

$$\text{Hab} \equiv a$$

$$\text{Na} \equiv b$$

$$\text{Fe} \equiv c$$

$$\text{Va} \equiv d$$

De esta forma:

$$dx/dt = x/b * (1 - x/b) * (b - x) * c * d * a - x = 0$$

(20)

Como c, d, y a son constantes, el producto será igualmente constante, y para simplificar:  $c * d * a = k$ . Así

$$dx/dt = x/b * (1 - x/b) * (b - x) * k - x = 0$$

(21)

Desarrollando esta expresión, tendremos la siguiente ecuación de tercer grado:

$$kx^3 - 2kbx^2 + kb^2x - b^2x = 0 \quad (22)$$

Y sacando factor común:

$$x(kx^2 - 2kbx + kb^2 - b^2) = 0 \quad (23)$$

Con lo que una primera solución será  $x = 0$ , lo que viene a decir que cuando el sujeto no presenta ningún logro alcanza uno de los equilibrios. Obviamente no es éste el que nos interesa. Las restantes soluciones se obtendrán desarrollando la ecuación de segundo grado que se contempla dentro del paréntesis:

$$kx^2 - 2kbx + kb^2 - b^2 = 0$$

Resolviéndola:

$$x = \frac{2kb \pm \sqrt{4kb^2}}{2k} \quad (24)$$

Tendremos, de esta forma, que cuando  $K$  y  $b$  adopten valores concretos, el sistema presentará dos soluciones de equilibrio. En este caso, ambos equilibrios no presentan la misma estabilidad, sino que uno de ellos es estable y el otro inestable.

Los equilibrios estables -recuérdese la pelota en el fondo del valle- lo son porque presentan una cierta cuenca de atracción. Pequeñas perturbaciones sobre los puntos de equilibrio lo harán retornar nuevamente hacia el equilibrio. Por el contrario, los equilibrios inestables -pelota en la cima- se caracterizan porque la más mínima perturbación los aleja de su posición original.

En el caso que nos concierne, para valores determinados de  $K$  y  $b$ , podremos asociar un gráfico -retrato de fase- donde se proyectan los equilibrios del sistema. Flechas convergentes indican equilibrios estables, y divergentes, equilibrios inestables, tal como se ilustra en la siguiente figura:



Figura 4.8

De esta forma, podemos considerar junto a Couvreur (1985) dos etapas fundamentales en el análisis cualitativo de un sistema: a) determinación de los *puntos de equilibrio*, y b) estudio de su *estabilidad*. En el primer caso se observan los valores que deben presentar los parámetros para que el sistema esté en equilibrio, y en el segundo, se especifican las condiciones de su estabilidad. Además estos cálculos se acompañan de gráficos que permiten sintetizar de una forma cómoda una gran cantidad de información. Estos gráficos trasladan a una dimensión geométrica lo que ocurre y hacen válido aquello de que una imagen vale más que mil palabras.

La determinación de los puntos de equilibrio es una cuestión sencilla. Se trata de resolver la ecuación para cuando  $dx/dt=0$ . Para unos valores fijos de los parámetros se obtendrán unos determinados puntos de equilibrio (en nuestro caso, dos). También especificaremos cuáles son estables y cuáles no. Esta cuestión es algo más compleja, aunque indicaremos -muy superficialmente- el proceso a seguir. En las obras de Aracil, (1983); Hirsh, (1974); o Aleksandro y otros, (1980), puede profundizarse al respecto.

Como se ha indicado, un sistema es estable si pequeñas perturbaciones apenas lo afectan -pelota en la cuenca-, y es inestable si ocurre lo contrario -pelota en la cima-. A nivel matemático la idea que se intenta expresar es la misma, aunque su demostración pueda resultar laboriosa. Supongamos un sistema compuesto por dos variables  $x$  e  $y$ , de tal forma que:

$$\left[ \begin{array}{l} dx(t)/dt = f_1(x(t), y(t)) \\ dy(t)/dt = f_2(x(t), y(t)) \end{array} \right. \quad (25)$$

Supongamos que para un instante de tiempo  $t$ , el sistema se encuentra en equilibrio para  $x=x_0$  e  $y=y_0$ . Así pues, para  $x(t, x_0, y_0)$  e  $y(t, x_0, y_0)$  diremos que el sistema es estable. A continuación perturbemos al sistema en el sentido de que alteremos los valores de  $x_0$  e  $y_0$ . Modifiquemos  $x_0$  en  $x^*$  e  $y_0$  en  $y^*$  y veamos qué le ocurre. Para ello calcularemos la diferencia en las condiciones del sistema antes y después de ser perturbado. Así pues:

$$\begin{bmatrix} x(t, x_0+x^*, y_0+y^*) - x(t, x_0, y_0) \\ y(t, x_0+x^*, y_0+y^*) - y(t, x_0, y_0) \end{bmatrix} \quad (26)$$

Se dice, entonces, que la solución es estable (en el sentido de Lyapunov), si la diferencia es insignificante, o expresado con mayor rigor, si tales diferencias pueden hacerse menores que cualquier valor "e", para cantidades  $x^*$  e  $y^*$  suficientemente pequeñas. En caso contrario, diremos que el sistema es inestable.

Si llamamos a  $x(t, x_0+x^*, y_0+y^*)$  e  $y(t, x_0+x^*, y_0+y^*)$  dinámicas perturbadas y a  $x(t, x_0, y_0)$  e  $y(t, x_0, y_0)$  no perturbadas, y calculamos cuál sería la evolución de la dinámica perturbada, a partir de la no perturbada, tendremos, por desarrollo en serie de Taylor, para la variable  $x$ :

$$dx/dt = dx^*/dt = f_1(x, y) = f_1(x_0+x^*, y_0+y^*) =$$

$$f_1(x_0, y_0) + \frac{\partial f_1}{\partial x} \Big|_{(x_0, y_0)} x^* + \frac{\partial f_1}{\partial y} \Big|_{(x_0, y_0)} y^* + \dots$$

Y en relación a la variable y:

$$dy/dt = dy^*/dt = f_2(x, y) = f_2(x_0+x^*, y_0+y^*) =$$

$$f_2(x_0, y_0) + \left. \frac{\partial f_2}{\partial x} \right|_{(x_0, y_0)} x^* + \left. \frac{\partial f_2}{\partial y} \right|_{(x_0, y_0)} y^* + \dots$$

(27)

Considerando que  $f_1(x_0, y_0)=0$ , y  $f_2(x_0, y_0)=0$ , ya que son puntos de equilibrio del sistema, y despreciando en esta serie de Taylor, los términos de orden superior, tendremos que las perturbaciones se explican merced a un sistema de ecuaciones diferenciales lineales. Así:

$$\begin{cases} dx^*/dt = f_1(x, y) = \left. \frac{\partial f_1}{\partial x} \right|_{(x_0, y_0)} x^* + \left. \frac{\partial f_1}{\partial y} \right|_{(x_0, y_0)} y^* \\ dy^*/dt = f_2(x, y) = \left. \frac{\partial f_2}{\partial x} \right|_{(x_0, y_0)} x^* + \left. \frac{\partial f_2}{\partial y} \right|_{(x_0, y_0)} y^* \end{cases}$$

(28)

O lo que es lo mismo, a través de una matriz jacobiana:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} \end{bmatrix}_{(x_0, y_0)}$$

(29)

Como se ha indicado, estabilidad significa que el sistema apenas es afectado cuando se producen perturbaciones. Tal circunstancia, en términos matemáticos, ocurre cuando las soluciones del sistema de ecuaciones lineales, en este caso, las perturbaciones, tienden asintóticamente a cero. En caso contrario, cuando las soluciones se incrementan exponencialmente, diremos que existe inestabilidad. Tal circunstancia es posible conocerla a través del signo de los autovalores de la matriz jacobiana. Autovalores negativos mostrarán equilibrios estables, e inestables, aquellos que sean positivos.

Como se sabe, se definen como autovalores (o valores propios) aquellos números que satisfacen la ecuación:

$$\det [J - \lambda * I] = 0$$

(30)

De esta forma:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} \end{bmatrix}_{(x_0, y_0)} - \lambda * \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = 0$$

(31)



O más concretamente:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} - \lambda & \frac{\partial f_1}{\partial y} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} - \lambda \end{bmatrix} \Big|_{(x_0, y_0)} = 0 \quad (32)$$

Volviendo al sistema que nos concierne -subsistema de logro-, hemos determinado, mediante la expresión (24), los puntos de equilibrio del sistema. Ahora, merced a (32), podremos conocer su estabilidad.

En nuestro caso, como sólo contemplamos una variable, la determinación del jacobiano sólo contendrá una ecuación. Así pues:

Sabemos que:

$$f(x) = Kx^3 - 2Kbx^2 + Kb^2x - b^2x$$

Por lo que:

$$J = \frac{\partial f_1}{\partial x} \Big|_{x_0} = 3Kx^2 - 4Kbx + Kb^2 - b^2$$

Entonces:

$$\det [J - \lambda \cdot I] = 3Kx^2 - 4Kbx + Kb^2 - b^2 - \lambda = 0$$

Despejando  $\lambda$ :

$$\lambda = 3kx^2 - 4kbx + kb^2 - b^2$$

Al objeto de ilustrar lo expuesto, partiremos de una situación concreta de los parámetros que intervienen en el subsistema que estamos tratando. Determinaremos los puntos de equilibrio y analizaremos su estabilidad.

Supongamos que un sujeto parte de unas condiciones iniciales de:

Donde:

Habilidad:	.9	}	$k = Hab * Fe * Va = .9$
Factor emociones:	1		
Valencia:	1		
Nivel aspiración:	5		
			$b = Na = 5$

Aplicando (24) tendremos:

$$x = \frac{2kb \pm \sqrt{4kb^2}}{2k}$$

$x_1 = 8.276$   
 $x_2 = 1.273$

Así pues, el sistema está en equilibrio cuando  $x_1 = 8.276$  o  $x_2 = 1.273$ .

Para estudiar su estabilidad, calculemos los autovalores de la matriz jacobiana. Apliquemos (32):

$$\lambda_1 = 3 \cdot 1.8 \cdot 8.276^2 - 4 \cdot 1.8 \cdot 5 \cdot 8.276 + 1.8 \cdot 25 - 5^2 = 168.59$$

$$\lambda_2 = 3 \cdot 1.8 \cdot 1.273^2 - 4 \cdot 1.8 \cdot 5 \cdot 1.273 + 1.8 \cdot 25 - 5^2 = -24.59$$

Así pues, para  $x_1$  el equilibrio es inestable y estable para  $x_2$ .

Si representásemos el retrato de fases obtendríamos la siguiente figura:

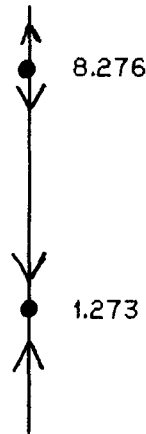


Figura 4.9

Tenemos un atractor en  $x_2=1.273$  -equilibrio estable-, y un repulsor en  $x_1=8.276$  -equilibrio inestable-.

De la misma manera pueden determinarse los puntos de equilibrio, y su estabilidad, para los restantes valores de los parámetros que componen este subsistema. En tal caso, el conjunto de los puntos de equilibrio configurarían lo que se denomina *curva de equilibrios*. Por nuestra parte, hemos calculado tal conjunto introduciendo los algoritmos (24) y (32) en el ordenador para toda una gama de valores de  $k$  y de  $b$ . Dando valores a  $k$  hemos obtenido la siguiente curva de equilibrios:

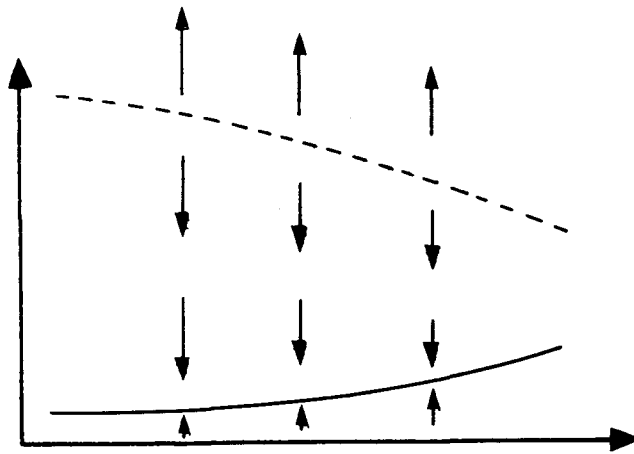


Figura 4.10

Como se observa, siempre que el sujeto parta de un nivel de logro superior a cero, (dentro de un cierto rango) el sistema vendrá regido por la línea inferior, que constituye la cuenca de atracción del sistema. Aunque, las líneas superior e inferior tienden al confluir, lo harían para valores de  $k$  excesivamente altos, y tal circunstancia no se contempla en nuestro modelo, por lo que no puede hablarse aquí de bifurcaciones ni de pérdidas de equilibrio. Obsérvese, por otro lado, que  $k = Hab * Fe * Va$ , lo que debe interpretarse como que ésta es la curva de equilibrios para cuando se incrementa tanto la habilidad del sujeto, como su energía en la acción o la valencia por la tarea a realizar.

En relación a  $b$  -nivel de aspiración-, se observa que para diferentes valores de éste parámetro, la curva de equilibrios es la siguiente:

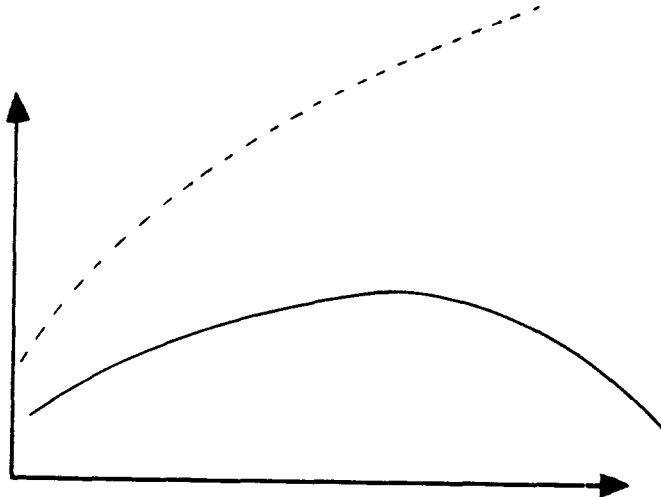


Figura 4.11

Igual que en la figura 4.10, la curva superior corresponde a los equilibrios inestables, y la inferior a los equilibrios estables. Existe una bifurcación en el límite, para  $N_a=0$ , lo cual no se contempla en el modelo. En el otro extremo, a partir de un determinado valor de  $N_a$ , el logro es negativo, lo que a efectos prácticos no es posible. Por esta razón sólo consideramos el cuadrante superior.

Por otro lado, se entiende que el nivel de aspiración afecta a la habilidad, por cuanto este parámetro oscila de 0 a 1 y se refiere a la proporción de esfuerzo efectivo, o si se quiere, de habilidad relativa a una cierta tarea. Suponemos que el sujeto parte de una determinada habilidad, para una tarea de una cierta dificultad. Si la dificultad aumenta, disminuirá su habilidad en relación a dicha tarea, aunque ésta se mantenga igual en términos absolutos. Por

ejemplo, si presenta una habilidad de 0.8 para una tarea de dificultad 5 (nivel de aspiración), al incrementarse la dificultad hasta 10, su nueva habilidad será de 0.4.

De esta forma, incrementar el nivel aspiración significa incrementar, igualmente, el factor Na-Nil, que interviene en el esfuerzo. El esfuerzo aumentará, y por tanto, el logro, como se comprueba en la primera parte del gráfico, pero al mismo tiempo, la habilidad irá disminuyendo en relación a los altos objetivos del sujeto, y al cabo del tiempo, si no se actúa sobre ella, el nivel de logro irá disminuyendo hasta llegar a cero. Y aunque, en dicho valor, este subsistema esté en equilibrio, se verá que tal circunstancia precipitará a otros subsistemas a una pérdida de equilibrio, que afectará a su vez, a este subsistema, dando lugar a una inestabilidad global del sistema.

#### 4.4.2.1.4.- Simulación

Una vez descrito, a grandes rasgos, las características generales de este subsistema, procederemos a estudiar *en vivo* su comportamiento, o lo que es lo mismo, la dinámica que presenta el conjunto de hipótesis que lo constituyen.

Insistimos, de nuevo, que simular en psicología no es lo mismo que simular en física. Si en esta ciencia la bondad del modelo se justifica por la reproducción exacta de la realidad, no es éste el caso cuando el fenómeno estudiado no es perfectamente conocido y sólo se dispone de un conjunto de conjeturas al respecto. En estas circunstancias, simular no es más que poner a prueba la coherencia de estos supuestos. El modelo que aquí se expone pretende ser tan sólo una aproximación -siempre mejorable- al fenómeno de la depresión, y entendemos que desde esta perspectiva debe ser juzgado.

Hechas estas consideraciones, comenzaremos a analizar los aspectos más importantes que caracterizan la dinámica de este subsistema.

Digamos, en primer lugar, que las distintas variables se desenvuelven dentro de cierto rango que no pueden superar. La habilidad oscila de 0 a 1, la valencia de 1 a 5, y el factor de energía de 0.5 a 1.5. Significa ésto que el esfuerzo (y por tanto, el logro) no puede mejorarse hasta donde se desee simplemente actuando sobre cualquiera de ellos, sino que, una vez alcanzado el tope en alguno de éstos es necesario que los restantes presenten unos valores mínimos que garanticen un cierto nivel de logro.

De las distintas variables que componen este subsistema, las que más nos interesan son la habilidad y el nivel de aspiración, en el sentido de que que son -desde este subsistema- las más fácilmente manipulables. La valencia por la tarea pertenece a la historia del sujeto, y se contempla como algo más o menos dado. Se reconoce, también, la importancia del factor energía (aspecto sobre el que nos detendremos más adelante al comentar el subsistema de energía), aunque se entiende que, cualitativamente, todo lo que forma parte de  $K$  (recuérdese que  $K = Hab * Va * Fe$ ) afecta de manera igual al subsistema. Lo mismo da aumentar la habilidad como la valencia o el factor energía, con las consideraciones ya mencionadas de que todos ellos presentan un determinado tope. Una acción potente no compensará, por ejemplo, una insuficiente habilidad, aunque obviamente un sujeto con pocas aptitudes que se esfuerze mucho conseguirá tanto como otro mejor dotado pero con menos energía o menos interés.

Por otro lado, consideramos de gran importancia la existencia de retrasos. En psicología, los retrasos pueden concebirse de una manera no excesivamente alejada de la cibernética o la biología. Los retrasos corresponden a la inercia del sistema. Son depósitos mediadores entre unas variables y otras, y como tales presentan una dinámica más

lenta que su entorno. En psicología tienen una interpretación precisa. La memoria se puede entender como acumulación de información. Los sujetos operan en base a su memoria, y cuanto más amplia sea ésta, más lenta será su modificación, o como diría Margalef (1980) presentarán menor tasa de renovación. De esta forma, enlazamos con el tema de personalidad (recuérdese la diferencia entre extrovertidos e introvertidos) desarrollado en el capítulo anterior y tenemos ocasión de aplicar algunos de los aspectos comentados entonces. Se contempla así, cómo la lentitud en los cambios son un exponente de la riqueza estructural del sistema.

Hemos considerado un retraso en la estimación de las probabilidades subjetivas. Además del efecto de los pensamientos, que se verá más adelante en conjunción con el subsistema de las cogniciones, cabe entender que, según sea la memoria de los sujetos, sus estimaciones sobre sus propósitos futuros estarán más o menos condicionadas por el pasado. La probabilidad subjetiva no es más que una proporción de éxito que el sujeto estima en base a sus experiencias pasadas. Lógicamente, cuanto mayor sea el intervalo temporal considerado -memoria- menos afectarán los éxitos o fracasos recientes sobre el monto total.

En las próximas páginas expondremos diferentes pasadas de ordenador según determinadas hipótesis. Empezaremos por un primer caso, digamos *normal*. El sujeto se encuentra en una situación afectiva buena, como muestra un  $F_e=1$  y una  $F_{co}=1$ , tiene interés por la tarea ( $V_a=4$ ), su habilidad es aceptable ( $H_{ab}=.5$ ), y no hay retraso ( $T_p=1$ ). El siguiente gráfico muestra la evolución del sistema:



Figura 4.12

El sujeto alcanza, tras algunas fluctuaciones, un estado permanente de equilibrio en un valor de ..... Sus expectativas son medias (.....), como cabe esperar, ya que el rendimiento queda optimizado para valores de  $P_s$  cercano a 0.5 (recuérdese que  $P_s(1-P_s)$  forma parte del esfuerzo).

Supongamos, ahora, que este supuesto sujeto disminuye su habilidad hasta 0.2, quedando igual los restantes parámetros:

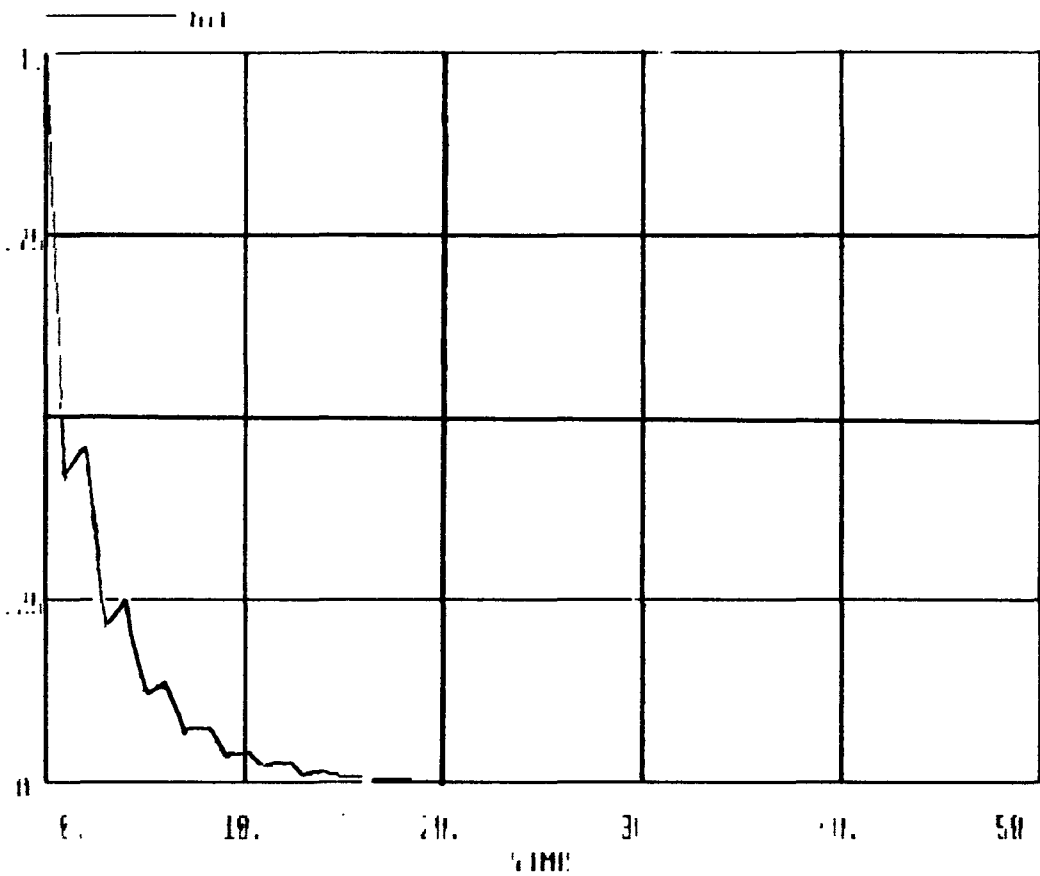


Figura 4.13

El rendimiento no será suficiente, y el sistema se precipitará a cero.

Supongamos ahora que incrementamos su habilidad hasta 0.85:

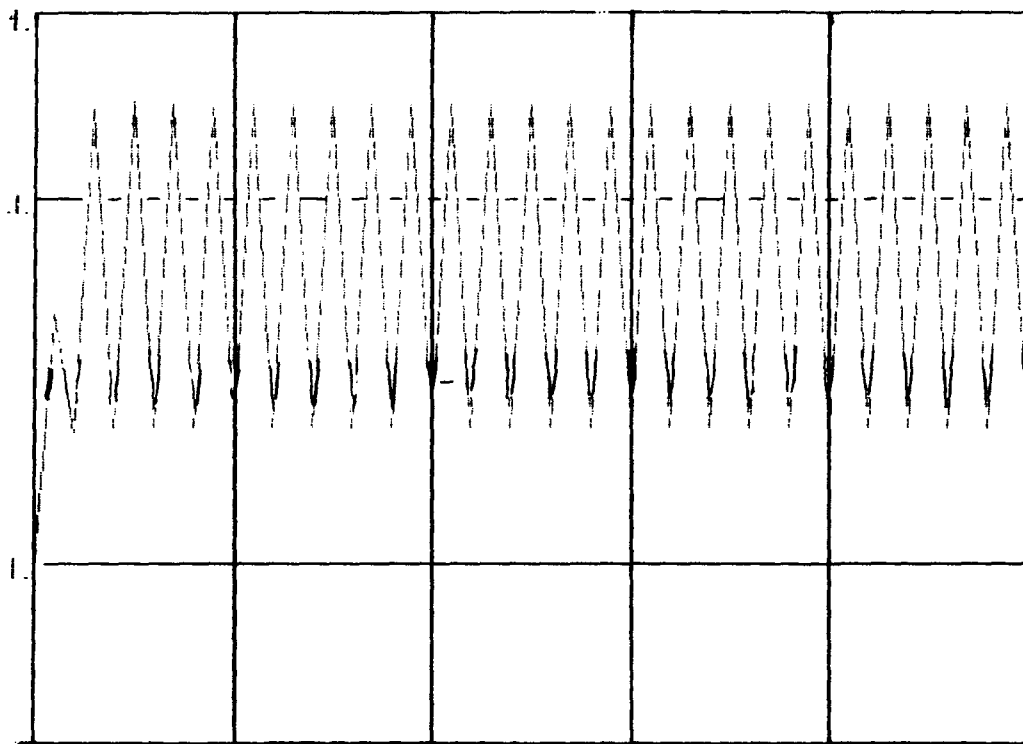


Figura 4.14

Cabría esperar un rendimiento mejorado, pero paradójicamente se presenta un sistema sumamente inestable. El sujeto fluctúa entre rendimientos muy altos o muy bajos, y nunca llega a un equilibrio fijo. La explicación es sencilla. Un sujeto con una alta habilidad, alcanzará pronto sus objetivos propuestos, y una vez logrados dejará de actuar. Cuando perciba que no ha conseguido nada, y esté necesitado de ello, volverá a actuar, y así sucesivamente, dando lugar a una conducta fluctuante.

Pero no todos los sujetos con una alta habilidad son inconstantes. Todos tenemos la experiencia de sujetos habilidosos, de un nivel de ejecución permanentemente alto. Se trata de una cuestión de memoria. El sujeto de la figura 4.14 es un sujeto sin memoria. Tiene buenos logros, pero luego deja de actuar, y en su bajo rendimiento olvida que antes no fue así. Las expectativas dependen excesivamente del logro inmediato. De esta forma, la probabilidad subjetiva se

nutre exclusivamente de la proporción de éxito logrado en ese momento, pero no considera los anteriores. Por el contrario, un sujeto con memoria considerará no sólo lo logros presentes sino también los pasados, y por tanto, los valores de la probabilidad subjetiva se irán modificando lentamente. Ocurre que en el momento "t" inciden los acontecimientos del momento "t-1". Se trata de un retraso. Se entiende así, cómo los retrasos son un fiel exponente de la memoria del sujeto y en cierto sentido, de su personalidad, tal como fue expuesto en el capítulo anterior de considerar a los introvertidos como sistemas complejos -gran memoria- y a los extrovertidos de menor complejidad -menor memoria-. En la figura 4.15 se contempla un sujeto igualmente habilidoso que el de la figura 4.14, pero con un tiempo de retraso  $T_p=5$ :

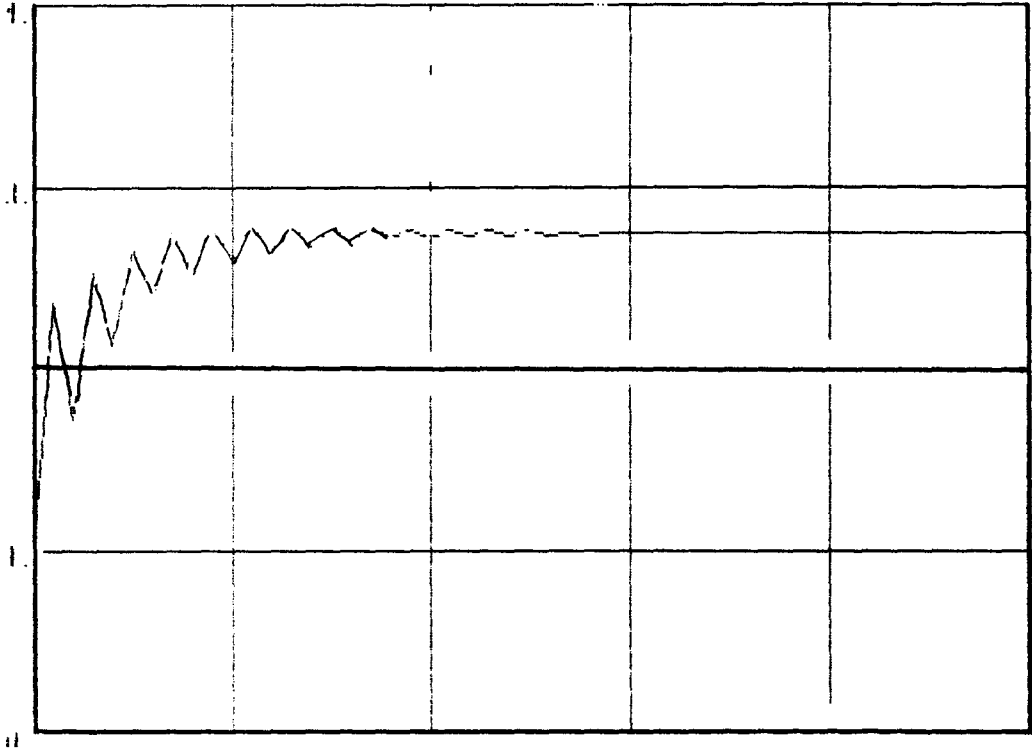


Figura 4.15

No obstante, ha de especificarse que un sistema con retraso puede dar lugar a una inestabilidad mayor que si no hubiera tal retraso. Depende del grado de fluctuación del sistema. Puede ocurrir, como en el caso anterior que si al sujeto en el momento "t", de bajo nivel logro, le llega la información de "t-1", de un nivel aceptable de logro, actúe con una cierta expectativa, y no alcance un logro excesivamente bajo. Pero puede ocurrir que en vez de contrarrestarse las informaciones y las acciones, se potencien mutuamente, cuando coincidan, en el retraso, niveles bajos de logro con expectativas bajas. En las figuras 4.16 y 4.17 lo ilustramos

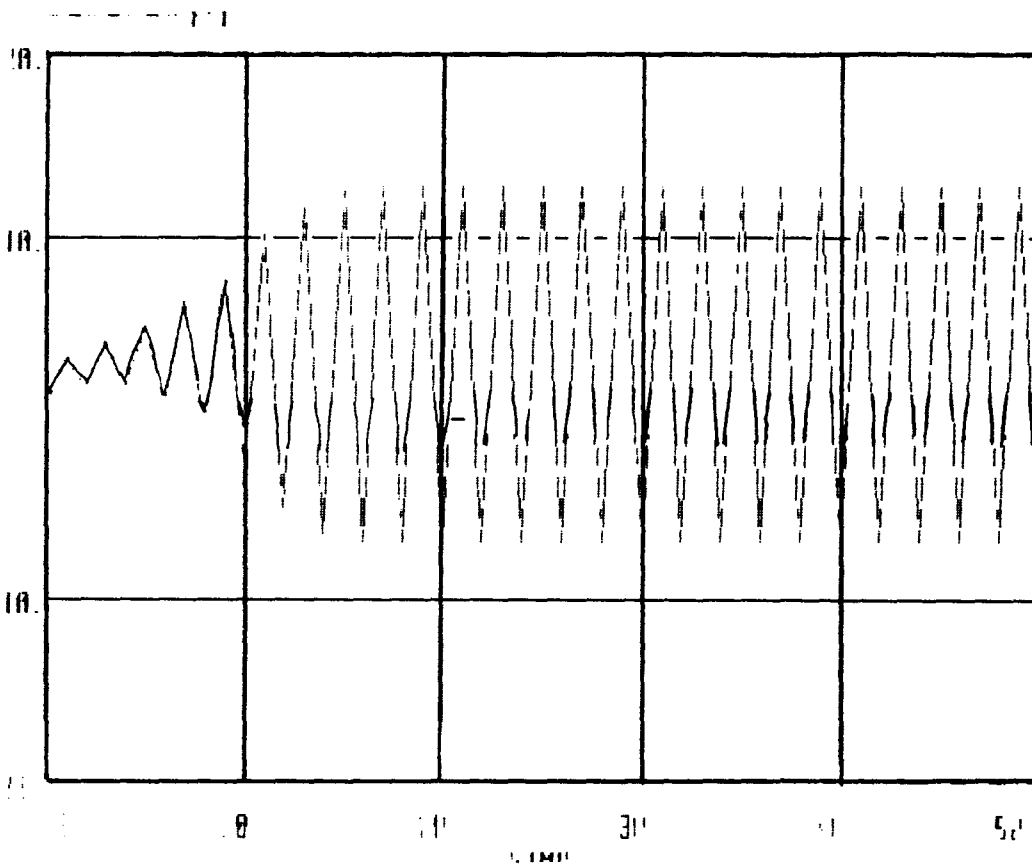


Figura 4.16. Evolución del sistema para  $Hab=0.85$ ,  $Va=4$ ,  $Fe=1.5$ ,  $Na=6$  y  $Tp=4$

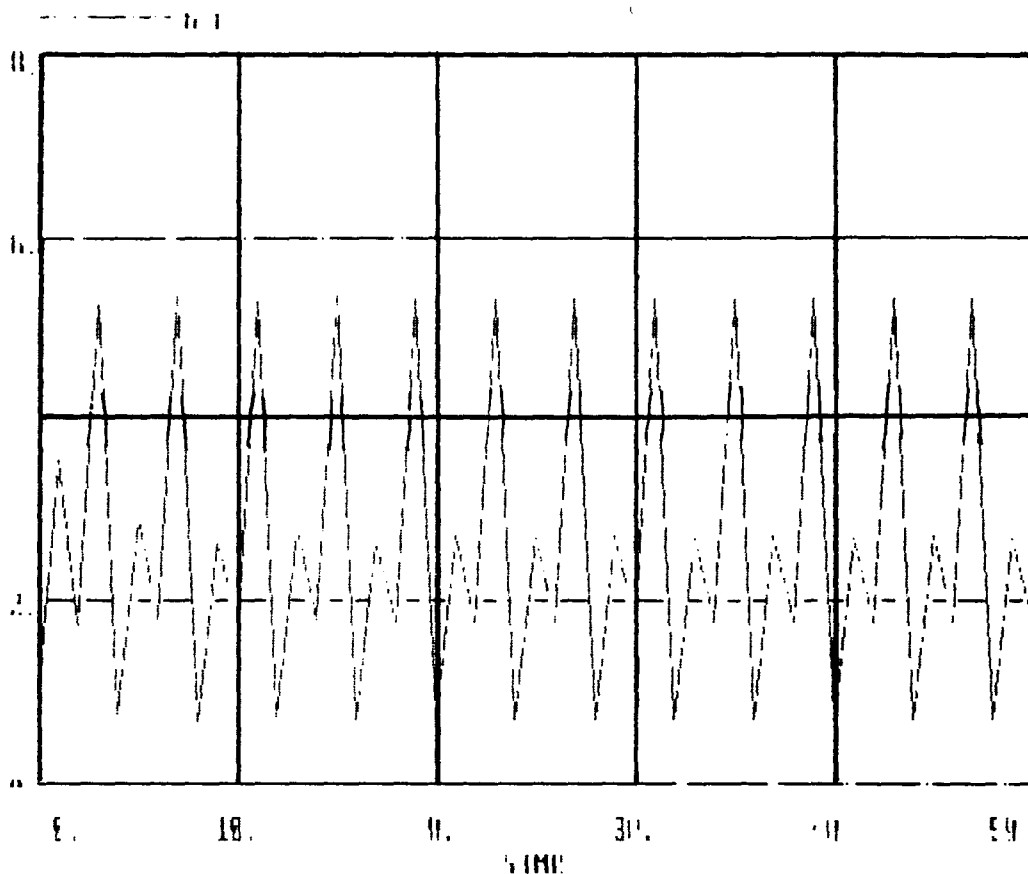


Figura 4.17. Evolución del sistema para  $H_{ab}=0.85$ ,  $V_a=4$ ,  
 $F_e=1.5$ ,  $N_a=6$  y  $T_p=1$

Esperamos con esta exposición haber ofrecido una idea general del funcionamiento, en los aspectos más relevantes, del subsistema de logro. Más adelante lo volveremos a considerar desde la perspectiva general del sistema en su conjunto, y estudiaremos, así las interacciones existentes con los restantes subsistemas. Pasemos, por el momento, a analizar el subsistema de las cogniciones.

#### 4.4.2.2.- Subsistema de cogniciones

Este subsistema es extraordinariamente simple. En líneas generales, se supone que los sujetos tienen un cierto monto de cogniciones (podemos imaginarnos un almacén o depósito de pensamientos), donde se contempla un flujo de entrada o de llegada de nuevas cogniciones y un flujo de salida o de pérdida de cogniciones. La *constancia* de este depósito dependerá, obviamente, de la igualdad entre los flujos de entrada y salida.

El conjunto de cogniciones que aquí se consideran no son todas las posibles, sean éstas positivas o negativas, sino tan sólo las cogniciones positivas. En las primeras versiones de nuestro modelo fueron planteadas en términos de "cogniciones depresógenas", pero al final hemos optado por operar en la misma dimensión que las restantes subsistemas. De esta forma, un nivel bajo de cogniciones será exponente de un estado depresivo.

El subsistema de cogniciones ocupa un lugar intermedio, entre el subsistema de logro y el de emociones. Se nutre de ambos y a ambos condiciona. No ha sido objeto de una elaboración tan cuidadosa como el subsistema de logro, pero estimamos que a efectos de nuestros propósitos es suficiente. Intentamos destacar fundamentalmente, la función moduladora que ejerce con los subsistemas contiguos, y cómo constituye, frente al subsistema de logro (que es el más periférico de todos ellos), un subsistema de menor tasa de renovación, donde se depositan por más tiempo los acontecimientos que ocurren en la superficie del sistema, y donde cabe esperar, por tanto, resultados más permanente, cuando de intervenciones terapéuticas se trate.

#### 4.4.2.2.1.- Diagrama de Forrester

Puede contemplarse, a grandes rasgos, cómo sobre las cogniciones inciden el resto de los subsistemas. Las expectativas, que en el subsistema anterior eran condicionadas por el estado cognitivo del sujeto, son ahora condición, a su vez, de la cantidad de pensamientos que muestre aquel. Altas expectativas de éxito facilitarán pensamientos positivos. Se entiende, igualmente, que el estado emocional del sujeto, así como el vigor físico inciden sobre los pensamientos. Se asume que debe haber una cierta congruencia entre emociones y cogniciones, en el sentido de que una tonalidad afectiva agradable, por pura coherencia, despertará pensamientos positivos, de la misma manera, que un estado de tristeza dará lugar a pensamientos tristes.

El vigor físico tiene aquí un sentido algo distinto, y se mueve además, en dos planos paralelos. No sólo una fuerte vitalidad dará lugar -vía las emociones o el logro- a emociones positivas, sino que será la condición para hacer frente a ideas no deseables. Transformar los pensamientos negativos por otros positivos exige modificar ciertas estructuras mentales, y por tanto, se necesita de una cierta inversión de energía. En los estados depresivos, es fácil observar cómo las personas son presa de forma obsesiva de pensamientos absurdos, que aunque conscientes de su irracionalidad, no logran dominar, por falta de fuerzas, y en los que simplemente medicación o cuidado físico solventa el problema.

Hemos añadido, por otro lado, una cierta pérdida de cogniciones. Suponemos que no todas las cogniciones se mantienen y se acumulan con las nuevas que van surgiendo, sino que hay un proceso de eliminación, en parte natural -olvido- y en parte, debido al desplazamiento que producen la llegada de nuevas cogniciones. No obstante, se reconoce un segundo nivel de cogniciones que no se pierden tan rápidamente. Son una especie de proyección en segundo plano de las cogniciones



presentes en el momento considerado. De esta forma, aunque determinadas cogniciones (COG1) desaparecen de este primer plano -diríamos plano de la conciencia- una vez transcurrido un cierto tiempo, sin embargo, queda una "traza" o "huella" de pensamientos (COG2) que persiste por un periodo mayor de tiempo. Corresponde a lo que en psicoanálisis sería "inconsciente" o lo que en terapia cognitiva se denominan "pensamientos automáticos". Aquí, este segundo nivel de cogniciones (COG2) se ha planteado como un retraso de COG1, por lo que creemos que es fácilmente interpretable.

El diagrama de Forrester del subsistema de las cogniciones será:

Figura 4.18

#### 4.4.2.2.- Ecuaciones DYNAMO

Como hemos indicado, se contempla en este subsistema una variable de nivel, correspondiente a las cogniciones presentes (COG), que se nutre de un flujo de cogniciones (INCRE) y del que se disipan otras (DIS). Situándonos en el momento K, posterior al intervalo JK, tendremos que:

$$L \text{ COG.K} = \text{COG.J} + (\text{DT})(\text{INCRE.JK} - \text{DIS.JK}) \quad (33)$$

Es decir, las cogniciones en el momento K, son las que había en el momento J, más la diferencia entre las que se han incrementado y se han disipado en un cierto intervalo de tiempo (DT).

Por otro lado, hemos considerado que sobre el incremento de cogniciones inciden varios factores: vigor físico, emociones y logro. Así pues:

$$R \text{ INCRE.KL} = \text{FT} * \text{COG.K} * \text{FM.K} * \text{FE.K} * \text{PS.K} \quad (34)$$

Donde:

INCRE = INCREMENTO DE COGNICIONES

FT = FACTOR DE INCREMENTO

COG = COGNICIONES

FM = FACTOR EMOCIONES

FE = FACTOR ENERGIA

PS = PROBABILIDAD SUBJETIVA

Hemos supuesto, en primer lugar, que el incremento de cogniciones depende de la masa de cogniciones que haya. Si hay muchas cogniciones positivas, será más fácil que a partir de ahí se generen más, que si hubiera pocas. Lo haremos depender así, de una proporción de cogniciones ( $FT * COG.K$ ). Las variables  $FM.K$  y  $FE.K$  son variables que corresponden al efecto de las emociones y de la energía respectivamente.

Y respecto a la disolución de las cogniciones:

$$R \text{ DIS.KL} = COG.K * COG.K * FO$$

(35)

Donde:

COG = COGNICIONES

FO = FACTOR OLVIDO

Lo que muestra que desaparece una proporción de las cogniciones presentes, o mejor, del cuadrado de estas cogniciones. Suponemos que el olvido, en cuanto inhibición, no es una función lineal, sino una función exponencial del monto total de cogniciones, en el sentido de que las interferencias guardan relación más que con el número total de cogniciones, con las interacciones posibles entre ellas.

Por otro lado, suponemos que además de las cogniciones que se contemplan en un primer plano, y que presentan la dinámica comentada, queda una cierta "traza" o "huella" que hemos denominado cogniciones de segundo nivel ( $COG2$ ), que no es más que un retraso aplicado sobre  $COG$ . Así:

$$A \text{ COG2.K} = \text{SMOOTH}(\text{COG.K,TC})$$

(36)

Lo que viene a indicar que las cogniciones de segundo nivel (COG2) son un retraso (SMOOTH) de las cogniciones de primer nivel (COG), y que la cuantía del tiempo de retraso es TC.

#### 4.4.2.2.3.- Análisis cualitativo

Procederemos, igual que en el subsistema de logro, a determinar los puntos de equilibrio y analizar su estabilidad.

El sistema estará en equilibrio cuando la diferencia de los flujos de entrada y salida sea cero. Así

$$FT*COG*FM*FE*PS - COG*COG*FO = 0$$

Utilizando una terminología convencional:

$$COG \equiv x$$

$$FT \equiv a$$

$$FM \equiv b$$

$$FE \equiv c$$

$$PS \equiv d$$

$$FO \equiv e$$

Se tiene, entonces, que:

$$dx/dt = a*b*c*d*x - e*x^2$$

O lo que es lo mismo:

$$x*(a*b*c*d - e*x) = 0$$

Con lo que la ecuación tiene dos soluciones:

$$x = 0 \text{ o bien}$$

$$a*b*c*d - e*x = 0 ; \text{ donde } x = a*b*c*d/e$$

El punto de equilibrio hacia el que tenderá el sistema cuando se encuentre en condiciones normales, que aquí hemos supuesto cuando  $a=0.7$ ,  $b=1$ ,  $c=1$ ,  $d=0.5$  y  $e=0.02$ , será:

$$x = 0; \text{ o bien } x = 0.7*0.5/0.02 = 17.5$$

Y en relación a la estabilidad:

$$J = a*b*c*d - 2*e*x$$

Cuando  $x=0$

$$\lambda_1 = 0.35 \text{ -----> equilibrio inestable}$$

Y para  $x = 17.5$

$$\lambda_2 = 0.35 - 3.50 = -3.15 \text{ -->equilibrio estable}$$

La curva de equilibrios tendrá la siguiente configuración:

Figura 4.19

#### 4.4.2.3.- Subsistema de emociones

Al igual que las cogniciones, las emociones han sido planteadas en términos positivos. Nos referimos en todo momento a emociones positivas. Un valor alto en esta variable corresponderá a estados afectivos agradables, y un valor bajo a estados de disforia o depresivos.

El subsistema de emociones se encuentra a mitad de camino entre el subsistema de cogniciones y de energía. Se entiende que las cogniciones, según su naturaleza, ejercerán un cierto efecto sobre las emociones que, a su vez, si estas son permanentes tendrán consecuencias a nivel biológico. Obviamente, el camino podrá invertirse, cuando las modificaciones deriven del subsistema biológico.

Merece destacarse que en este subsistema, a diferencia de los restantes, se carece de acción directa desde el exterior, lo que debe interpretarse en el sentido de que es actuando sobre los subsistemas contiguos como se logra intervenir en él. Esta observación tiene su importancia por cuanto viene a demostrar que los seres humanos carecemos de control directo sobre las emociones, lo que no debe ser razón para el desaliento. Actuando, de forma conveniente, sobre los restantes subsistemas, y dejando pasar un cierto tiempo -hasta que su influencia tenga efecto- se logrará el fruto apetecido.

##### 4.4.2.3.1.- Diagrama de Forrester

Este subsistema está compuesto por una única variable de nivel (EMO), y una única variable de flujo (SUS). El hecho de sólo exista una variable de flujo significa que tal variable sirve tanto de

válvula de entrada como de salida. Puede contemplarse, en la figura 4.20, cómo la línea que enlaza SUS con EMO presenta en sus extremos flechas orientadas en sentido contrario. Unas veces vaciará el depósito de emociones hacia el *sumidero* (flecha orientada hacia la *nube terminal*), y otras veces, nutrirá tal depósito (flecha orientada hacia EMO).

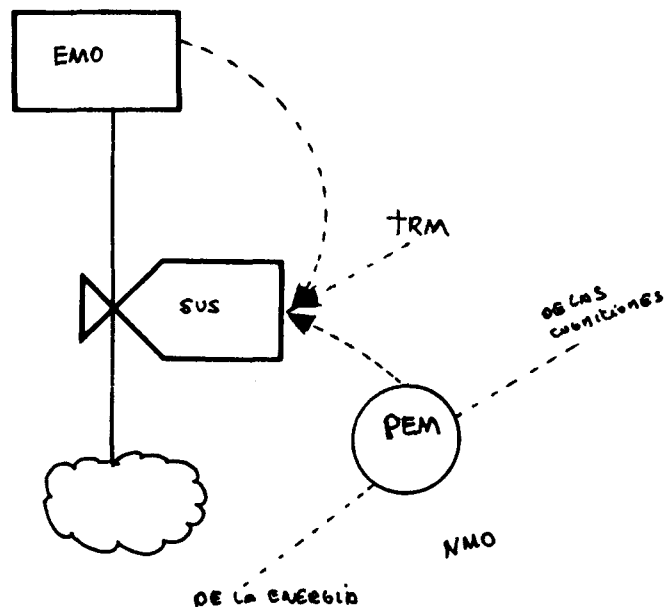


Figura 4.20

Se parte del supuesto que los sujetos tienden a regular su conducta en búsqueda de un cierto estado afectivo agradable. Tienden a un *nivel normal de emociones* que aquí denominamos NMO, y que va a ser, en todo momento, el punto de referencia hacia el que se intentará ser congruente.

Por otro lado, se supone que la situación cognitiva así como la situación biológica inciden sobre los estados emocionales. Se crea de



sta forma una variable, que denominaremos PEM, y que marca el nivel hacia el que tenderán las emociones en un momento determinado en función de las cogniciones (FCO), de la energía (FE) y del nivel normal de cogniciones (NMO). Se observa, de esta forma, en la figura 4.19, cómo en el valor de PEM participan (rayas punteadas) los subsistemas contiguos, además del patrón de emociones considerado (NMO).

Las ecuaciones DYNAMO que expondremos en el apartado siguiente, ayudarán a concretar algo más lo que estamos comentando.

#### 4.4.2.3.2.- Ecuaciones DYNAMO

Contemplamos una variable de nivel y una única variable de flujo. Situándonos, pues, en el momento K, y en relación al período anterior JK, de duración DT, tendremos que:

$$L \text{ EMO.K} = \text{EMO.J} + (\text{DT})(\text{SUS.JK}) \quad (37)$$

Las emociones en el momento K (EMO.K) son las habidas en el momento anterior J (EMO.J) más las suscitadas (SUS.JK) durante el tiempo DT del intervalo JK.

Por otro lado, se supone que las emociones suscitadas en cada momento (SUS), vienen determinadas por la diferencia entre el valor de emociones marcadas (VEM) y las emociones presentes. Esta diferencia no se supera de inmediato, sino que exige un cierto tiempo (TRM). Así pues:

$$R \text{ SUS.KL} = (1/\text{TRM})(\text{VEM.K}-\text{EMO.K})$$

(38)

Y referente al valor de emociones marcadas (VEM):

$$A \text{ VEM.K} = \text{NMO} * \text{FE.K} * \text{FCO.K}$$

(39)

El valor de emociones marcadas (VEM) depende de la congruencia deseada por el sujeto (NMO), del efecto derivado de la situación cognitiva (FCO) y del efecto derivado de la energía del sujeto (FE).

#### 4.4.2.3.3.- Análisis cualitativo

El análisis cualitativo de este subsistema carece de interés alguno. El comportamiento queda explicado por una ecuación de primer grado y, obviamente, sólo hay una solución que satisface a tal ecuación.

El sistema estará en equilibrio cuando  $\text{SUS} = 0$ . O bien:

$$\text{SUS} = (1/\text{TRM})(\text{VEM}-\text{EMO}) = 0$$

Lo que viene a indicar que el equilibrio se logra cuando  $\text{VEM} = \text{EMO}$ . O lo que es lo mismo, cuando:



$$\text{EMO} = \text{NMO} * \text{FE} * \text{FCO}$$

Lo que muestra que los equilibrio en el subsistema de emociones son una función lineal de los valores de NMO, FE y FCO.

#### 4.4.2.4.- Subsistema de energía

Este subsistema, junto al de logro, ofrece un interés especial. Es justamente aquí donde se hace sentir la depresión. Como ya se ha indicado, la depresión tiene lugar tras una situación de intensa y permanente ansiedad. Son las emociones, en última instancia, las que producen una tasa de agotamiento de tal magnitud que impiden al sistema biológico su recuperación efectiva.

Concebimos la depresión como una especie de *cortocircuito*. Los organismos tienen una tasa de recuperación biológica, y al mismo tiempo, presentan una tasa de desgaste (debido a una multitud de factores: esfuerzo físico, intelectual, stress ...etc). En condiciones normales una logra compensar la otra, y el sistema está en equilibrio. Normalmente se alternan los períodos de desgaste con los de recuperación o descanso. A veces, esfuerzos físicos o intelectuales intensos y prologandos, sin el correspondiente descanso, pueden llevar a la depresión, pero la depresión que aquí nos interesa es la derivada del stress. El problema de las depresiones neuróticas (que no son todas las reactivas) se caracteriza por que no se produce esta alternancia entre desgaste y recuperación, sino que, de alguna forma, -vía condicionamiento clásico-, el peligro siempre está presente, y

el sujeto, por tanto, no conoce el descanso. Al cabo de un cierto tiempo, cuando atraviese un determinado umbral de ansiedad, el sujeto se precipitará rápidamente en una depresión, y la gravedad de los efectos no parecerá guardar relación con la ansiedad, por él percibida, de las causas.

Nos interesa destacar que, en última instancia, la depresión (tal como está aquí considerada) es un problema de ansiedad. Todos los subsistemas anteriormente mencionados presentan siempre algún punto de equilibrio, y en consecuencia, nunca llegan a inestabilizarse. Observaremos, ahora, en este subsistema, cómo a partir de determinados valores de la ansiedad, el sistema se hace inestable, o si se quiere, se produce una ruptura de simetría, y el sistema, en su conjunto se precipita al *vacío*.

Se verá, con ello, una aplicación cabal de la *teoría de las catástrofes*. Cambios continuos y, frecuentemente, imperceptibles, darán lugar a consecuencias discontinuas, aparentemente desproporcionadas. Se trata de fenómenos que han sido recogidos por la sabiduría popular, en expresiones tales como "el agua que rebasa el vaso", o ésta otra que nos resulta más gráfica, de "la paja que rompe el lomo del camello". La depresión, a pesar de su magnitud, no necesita de grandes causas. Puede ser una pequeña causa que incide sobre un sujeto que está al límite de su estabilidad.

Estar al límite de la estabilidad no tiene siempre consecuencias desastrosas. Un sistema *alejado del equilibrio*, según la terminología de Prigogine (1979), presenta una sensibilidad especial, ante pequeñas perturbaciones del entorno que no presenta otro *próximo al equilibrio*. Y esta circunstancia lo hará especialmente susceptible para admitir modificaciones estructurales tan necesarias en el proceso evolutivo, tanto a nivel filogenético como ontogenético.

La depresión (aquí nos interesa la depresión neurótica), es una propiedad de los sistemas alejados del equilibrio, donde pequeñas perturbaciones pueden dar lugar a profundos cambios estructurales. Unas veces serán hacia mejor, y creemos, que en parte, allí radica el secreto de la extraordinaria sensibilidad de los buenos artistas y de los grandes hombres de ciencia. Pero otras veces será hacia peor, y ahí tenemos la lamentable secuela de los suicidios, o de personas muertas en vida, que han renunciado definitivamente a la lucha, y que sólo saben ahogar sus sentimientos en la droga o el alcohol.

En el modelo del subsistema que expondremos a continuación intentaremos dar cuenta, en términos matemáticos, de estas ideas.

#### 4.4.2.4.1.- Diagrama de Forrester

La adición de este último subsistema en el diagrama de Forrester permite completar el modelo que estamos comentando. Puede observarse cómo el nivel de energía de los sujetos afecta a los restantes subsistemas (emociones, cogniciones y logro), lo que demuestra la importancia del mismo, pero se observa, igualmente, que sólo recibe influencia directa de las emociones, aunque obviamente, la razón de las emociones hay que buscarla en el efecto combinado de las cogniciones y del logro. Esta circunstancia, como se verá más adelante, nos facilitará algunas cuestiones, en términos matemáticos.

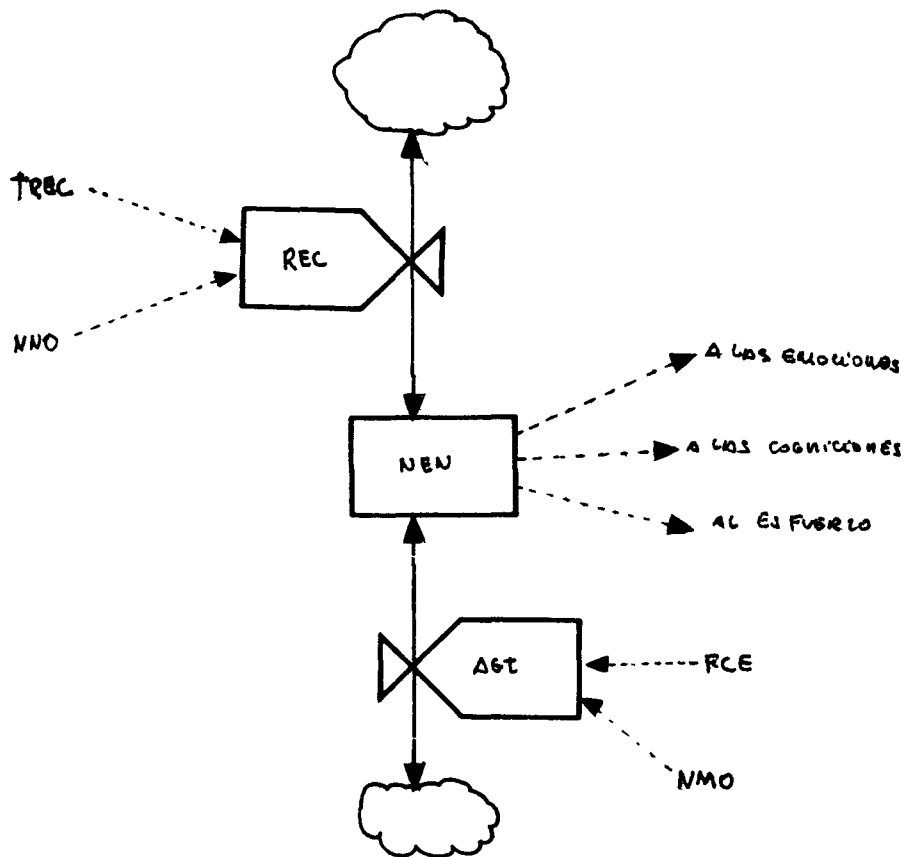


Figura 4.21

Como en los restantes subsistemas, cabe distinguir una variable de nivel -depósito- que se nutre de uno o mas flujos -aquí dos-. Conviene destacarse que las líneas o *canales* que enlazan las *válvulas* (flujos) con la variable de nivel tiene las flechas orientadas en ambas direcciones, lo que ha de interpretarse en el sentido de que ambas válvulas pueden ejercer tanto la función de extraer como de introducir energía en el sistema, dependiendo ello del valor que presente el nivel de energía y el nivel de emociones. Obsérvese que las emociones van conectadas sobre la válvula que hemos denominado *agotamiento* (AGT). Las emociones sólo sustraen energía del sistema cuando se encuentran por debajo de su nivel norma (NMO). En el caso de que se encuentren por encima, se invertirá el proceso, y los valores en AGT serán negativos, con lo que realmente se irá aumentando el nivel de energía. Otro tanto cabe decirse del flujo de recuperación de energía (REC), que invierte su proceso cuando se encuentra por encima de su nivel normal (NNOR). Las ecuaciones DYNAMO que expondremos seguidamente facilitarán su comprensión.

#### 4.4.2.4.2.- Ecuaciones DYNAMO

Supodremos, como en los restantes subsistemas, que el nivel de energía en el momento K es igual al que había en el momento anterior más lo que le llega, que es la discrepancia entre los flujos en entrada y salida. Así pues:

$$L \text{ NEN.K} = \text{NEN.J} + (\text{DT})(\text{REC.JK} - \text{AGT.JK}) \quad (40)$$

El nivel de energía (NEN.K) en el momento K es igual al nivel de energía en el momento J más el incremento experimentado durante el período JK de duración DT, que corresponde a las diferencias entre el flujo de entrada o recuperación (REC.JK) y el flujo de salida o agotamiento (AGT.JK).

El flujo de recuperación (REC) ha sido definido en términos exclusivamente biológicos. Se supone que el organismo dispone de una serie de mecanismos biológicos que le permiten recuperar la energía perdida. En principio, es razonable suponer que se intenta ajustar el nivel de energía (NEN) a un valor estándar, que se entiende como el nivel normal de energía del organismo (NNO), que arbitrariamente le damos el valor de 500 unidades. Así pues, la acción en la recuperación depende, en primer lugar, de la discrepancia entre NNO y NEN (NNO-NEN). Pero, obviamente, esta discrepancia no se salda inmediatamente, sino que se necesita un cierto tiempo, que aquí denominaremos TREC o tiempo de recuperación. De esta forma:

$$R \text{ REC.KL} = (1/\text{TREC})(\text{NNO}-\text{NEN.K})$$

(41)

TREC es un índice de la intensidad de la recuperación. Si suponemos que todos los individuos tienden a salvar la discrepancia entre NNO y NEN, lo que permite que unos lo consigan antes que otros es, precisamente, TREC. Este valor diferirá de unos individuos a otros debido a diversos factores tal como constitución física, alimentación, deporte ...etc. Aquí no distinguiremos entre estos aspectos, sino que debe entenderse que manipular TREC puede significar actuar a través de cualquiera de ellos.

La ecuación (41) tiene una deficiencia importante. Cuanto menos energía tenga el sujeto, mayor será (NNO-NEN), y por tanto, más fuerte será la recuperación. Es razonable suponer que si la persona no tiene apenas energía no será capaz de una acción intensa. Así pues, suponemos que la acción depende también de la energía presente. De esta forma:

$$R \text{ REC.KL} = (1/\text{TREC})(\text{NNO}-\text{NEN.K}) * \text{NEN.K}$$

(42)

Por otro lado, el agotamiento (AGT) lo hacemos depender de las emociones, en el sentido de que la ansiedad restará energía, mientras que emociones agradables lo revitalizarán. Para ello hemos tomado un valor como punto de referencia que denominamos *nivel normal de emociones* (NNO). Cuando las emociones (EMO) está por debajo de este nivel, el sujeto estará ansioso, y entonces el valor (NMO-EMO) será positivo, y AGT, por tanto también lo será. Cuando las emociones presentes estén por encima del nivel normal, la diferencia (NMO-EMO)



será negativa, y entonces AGT no sustraerá energía de NEN, sino que le añadirá. Por otro lado, hemos supuesto un agotamiento constante por parte del metabolismo (MET). Este aspecto no modifica en nada, en términos cualitativos, la dinámica del sistema. Simplemente se supone que hay un gasto *normal* en la energía como consecuencia de la propia actividad metabólica. Así:

$$R \text{ AGT.KL} = (\text{NMO}-\text{EMO.K}) * \text{FCE} + \text{MET}$$

(43)

El agotamiento experimentado por el sistema es función lineal de la emociones. Se multiplica la diferencia (NMO-EMO) por FCE, que no es más que una constante que permite ajustar las escalas de las emociones y de la energía, y que lo hemos denominado como *factor de conversión en energía* o FCE.

#### 4.4.2.4.3.- Análisis cualitativo

El análisis cualitativo de este subsistema es, en nuestra opinión, el más interesante, o al menos el que más relevancia tiene en el conjunto del modelo. En ninguno de los restantes subsistemas hay una pérdida real de equilibrio. Con valores altos o bajos nunca se pierde la estabilidad. Es, en este subsistema, cuando la ansiedad rebasa un cierto límite, donde se pierde el equilibrio o simetría del sistema, y tal desequilibrio arrastrará a los restantes subsistemas.

Existe equilibrio cuando:

$$d(NEN)/dt = REC - AGT = 0$$

Sustituyendo REC y AGT:

$$d(NEN)/dt = (1/TREC)(NNO - NEN) * NEN - (NMO - EMO) * FCE$$

Utilizando una nomenclatura convencional:

$$NEN \equiv x$$

$$TREC \equiv tr$$

$$NNO \equiv a$$

$$EMO \equiv y$$

$$NMO \equiv b$$

$$FCE \equiv K$$

$$dx/dt = (1/tr)(a-x)x - (b-y)K = 0$$

Y desarrollando esta expresión:

$$x^2 - ax + tr(b-y)K = 0$$

Para  $x_1 = 382.29$

$$\lambda_1 = (1/2500)(500 - 2 \cdot 382.29) = -.1058 < 0 \text{ eq. estable}$$

Y para  $x_2 = 117.71$

$$\lambda_2 = (1/2500)(500 - 2 \cdot 117.71) = .1058 > 0 \text{ eq. inestable}$$

Tomando como referencia (44), podremos calcular, para los diferentes valores de las emociones ( $y$ ), los equilibrios posibles del sistema. Obtendremos, con ello, la siguiente curva de equilibrios:

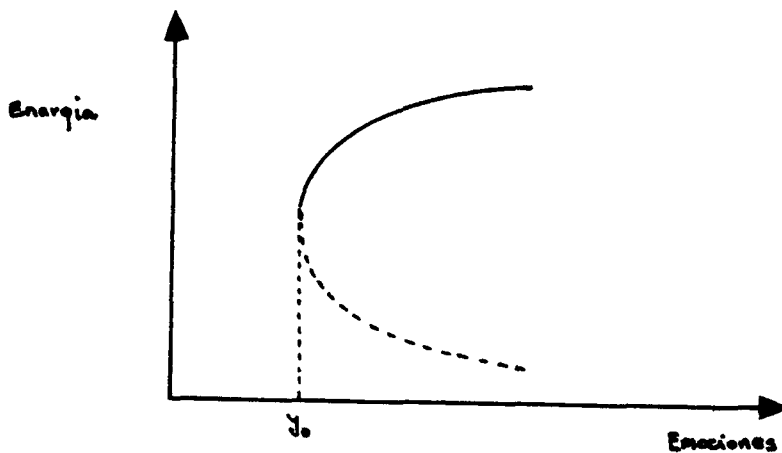


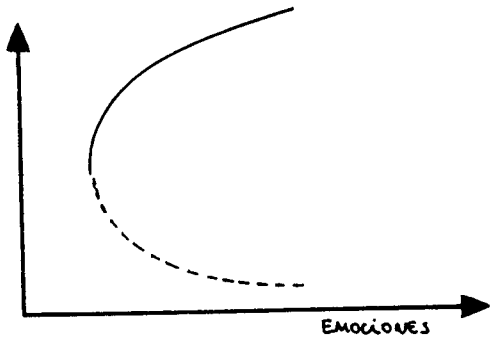
Figura 4.22

Esta *curva de equilibrios* (o mejor, *diagrama de bifurcaciones*), presenta dos zonas claramente diferenciadas. Hasta  $y_0$ , existen dos posibles equilibrios, uno estable y otro inestable, pero a partir de dicho valor de  $y_0$ , no hay posibilidad de que el sistema encuentre equilibrio alguno.

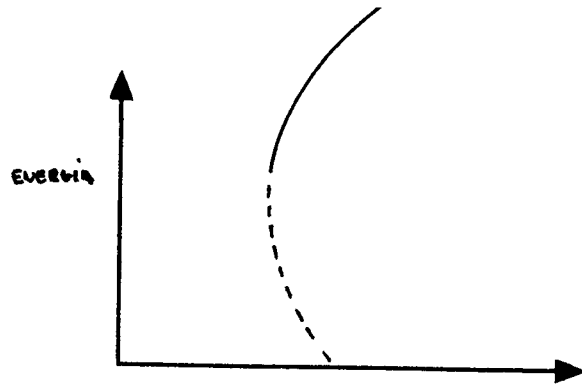
Es fácil encontrar el límite para el valor de las emociones a partir de las cuales no haya posibilidad de equilibrio. Como se sabe, para que la ecuación (44) tenga dos soluciones, el valor de la raíz cuadrada debe ser positivo. Cuando vale cero sólo tiene una solución. Y cuando es negativa carece de solución posible (o al menos, imaginable). La zona en la que  $y > y_0$  corresponde a valores positivos de  $a^2 - 4tr(b-y)k$ . Para  $y = y_0$ , esta expresión valdrá cero. Y para  $y < y_0$ , no habrá solución. Así pues el máximo de emociones (negativas) que puede soportar un sujeto antes de perder toda posibilidad de equilibrio (y por tanto de precipitarse en depresión) será:

$$y_0 = b - (a^2)/4*tr*k$$

Merece destacarse, igualmente, el papel de  $tr$  (tiempo de recuperación biológica). Puede contemplarse como cuanto mayor es  $tr$ , el nivel mínimo de emociones soportables aumenta, lo que puede interpretarse como indicador de la labilidad del sujeto. Una recuperación biológica lenta hace a los sujetos más sensibles y menos capaces de soportar la ansiedad. Por el contrario, sujetos con un  $tr$  pequeño será indicativo de que se recuperan rápido, y soportan, por tanto, niveles considerables de ansiedad sin que se vea, con ello, perturbado su equilibrio. En las siguientes figuras puede contemplarse *los diagramas de bifurcaciones* de dos sistemas con diferentes valores para  $tr$ :



Bajo nivel de te



Nivel alto de te

Figura 4.23

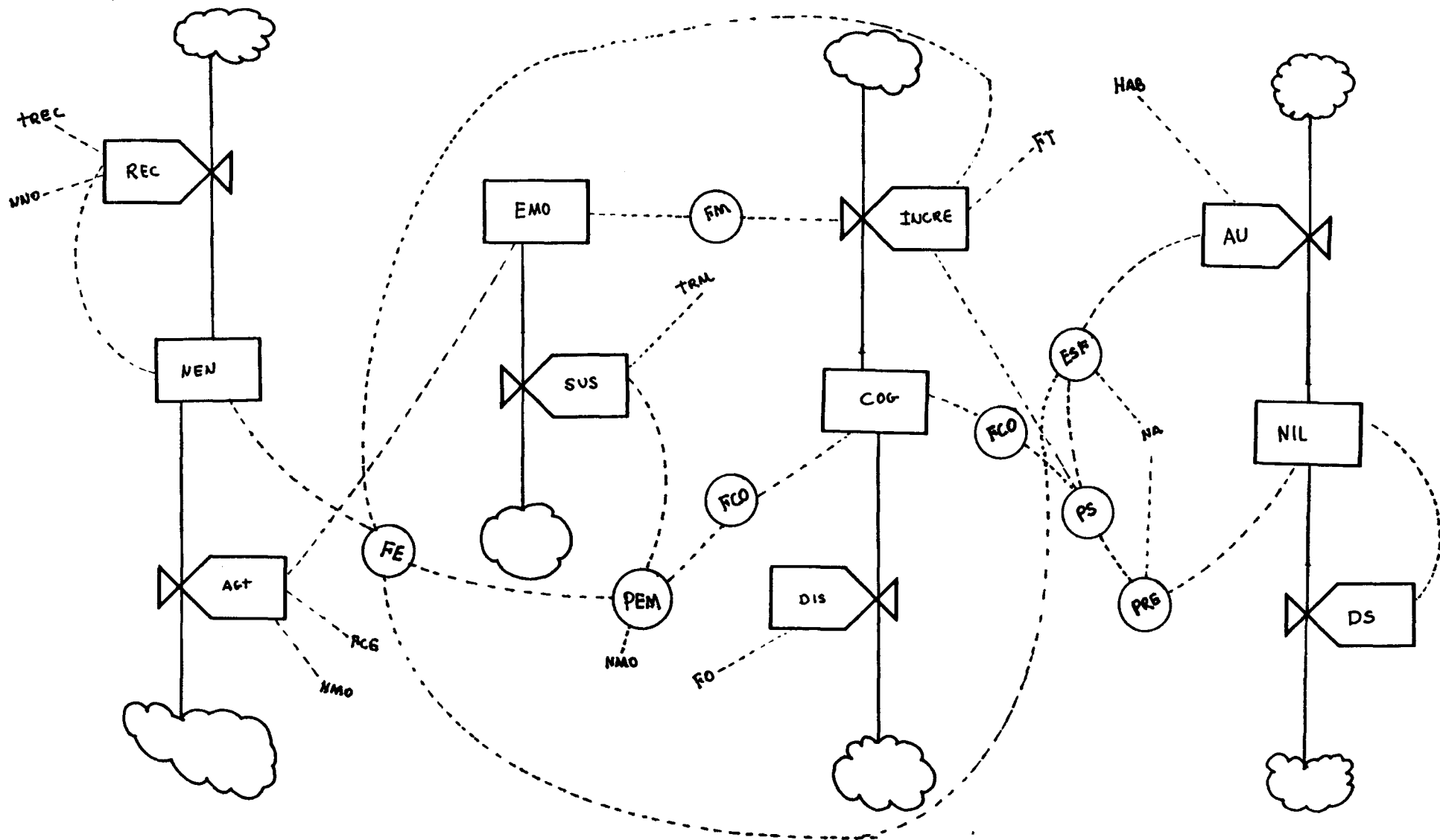
#### 4.4.2.5.- Modelo completo

Lo que expondremos a continuación puede entenderse como una síntesis de las ideas desarrolladas a lo largo de este capítulo. Ofreceremos una visión global del modelo merced al diagrama causal y el conjunto de ecuaciones DYNAMO que lo componen. Algunos aspectos, que no fueron tratados, lo serán ahora. Procederemos, además, a estudiar el comportamiento del sistema *simulando* su dinámica. Ensayaremos diferentes hipótesis a efectos de la depresión, y extraeremos algunas conclusiones.

##### 4.4.2.5.1.- Diagrama de Forrester

Uniendo los distintos diagramas de Forrester comentados obtendremos el diagrama de Forrester del modelo global, que exponemos en la figura 4.24. Tal diagrama contempla los mismos elementos que han sido tratados, más aquellos que componen la "juntura" entre los diferentes subsistemas.

No hay mucho que comentar al respecto que no se haya hecho ya anteriormente. Sólo destacar de nuevo, cómo un sistema puede ser contemplado como un conjunto de subsistemas. Cómo un subsistema es una cierta circularidad, y cómo la interacción con otros subsistemas los integra en una circularidad de rango superior. Igualmente, destacar el papel de la realimentación negativa en la estabilidad del mismo.



#### 4.4.2.5.2.- Ecuaciones DYNAMO

Procederemos a describir las mismas ecuaciones que ya han sido expuestas en las páginas anteriores. Aquí lo haremos de dos maneras. Por un lado presentaremos el conjunto de ecuaciones formando un único bloque tal como se realiza a efectos de programación, y por otro, junto a las ecuaciones, daremos una pequeña referencia, de carácter aclaratorio, respecto a las variables que componen dichas ecuaciones.

##### 4.4.2.5.2.1.- Ecuaciones en modo de programación

Presentamos a continuación el conjunto de ecuaciones tal como se ha desarrollado el modelo a efectos de programación. Hemos añadido las variables que constituyen la "juntura" entre los distintos subsistemas. Las variables Factor de energía (FE), factor de cogniciones (FCO) y Factor de emociones, son variables auxiliares que satisfacen una función TABLA. Ejercen el papel de multiplicadores del efecto de algunos subsistemas sobre otros. Por lo demás, el resto de las ecuaciones han sido ya expuestas detenidamente.



NOTE SUBSISTEMA DE LOGRO

NOTE

C NA1=8

C NA=8

C INHAB=.65

A HAB1.K=INHAB\*NA1/NA

A HAB.K=MIN(1,HAB1.K)

C VA=5

A ESF.K=PS.K\*(1-PS.K)\*(NA-NIL.K)\*FE.K\*VA

R AU.KL=HAB.K\*ESF.K

R DS.KL=NIL.K

L NIL.K=NIL.J+(DT)(AU.JK-DS.JK)

A PRE.K=NIL.K/NA

C TP=1

A PS1.K=SMOOTH(PRE.K,TP)

A PS.K=PS1.K\*FOO.K

N NIL=NIL1

C NIL1=3

NOTE SUBSISTEMA DE COGNICIONES

NOTE

A FM.K=TABHL(FMT,EMO.K,0,50,5)

T FMT=.5/.6/.7/.8/.9/1/1.1/1.2/1.3/1.4/1.5

C FO=0.02

C FT=0.8

A FE.K=TABHL(FET,NEN.K,0,1000,100)

T FET=.5/.6/.7/.8/.9/1/1.1/1.2/1.3/1.4/1.5

R INCRE.KL=FT\*COG.K\*FM.K\*FE.K\*PS.K

R DIS.KL=COG.K\*COG.K\*FO

L COG.K=COG.J+(DT)(INCRE.JK-DIS.JK)

C TC=5

A COG2.K=SMOOTH(COG.K,TC)

N COG=COG1

C COG1=15

C NNC=15

NOTE SUBSISTEMA DE EMOCIONES

NOTE

C NMO=25

C TRM=5

A COGT.K=COG.K\*COG2.K/SQRT(COG.K\*COG2.K)

A FCO.K=TABHL(FOOT,COG2.K,0,30,3)

T FOOT=.7/.8/.85/.90/.95/1/1.05/1.1/1.15/1.20/1.30

A VEM.K=NMO\*FE.K\*FCO.K

R SUS.KL=(1/TRM)(VEM.K-EMO.K)

L EMO.K=EMO.J+(DT)(SUS.JK)

N EMO=EMOI

C EMOI=25

C MET=5

NOTE SUBSISTEMA DE ENERGIA

NOTE

C NNO=505

C TREC=2500

C FCE=1.2

R REC.KL=(1/TREC)(NNO-NEN.K)\*NEN.K

R AGT.KL=(NMO-EMO.K)\*FCE+MET

L NEN.K=NEN.J+(DT)(REC.JK-AGT.JK)

N NEN=NENI

C NENI=500

SAVE NIL,COG,EMO,NEN

SPEC DT=1/LENGTH=100/SAVPER=1

#### 4.4.2.5.2.2.- Ecuaciones en forma desglosada

Exponemos a continuación las mismas ecuaciones del apartado anterior en forma desglosada. Hemos seleccionado ecuación por ecuación, y hemos procedido a describir cada una de las variables y funciones que lo componen. Esperamos, con ello, ofrecer una referencia ampliada del conjunto de ecuaciones que integran el modelo.

##### SUBSISTEMA DE LOGRO

\*\*\*\*\*

$$L \text{ NIL} . K = \text{NIL} . J + (DT) (AU . JK - DS . JK)$$

$$N \text{ NIL} = \text{NIL} I$$

$$C \text{ NIL} I = 3$$

NIL : NIVEL DE LOGRO

DT : INTERVALO DE TIEMPO

AU : FLUJO EN EL AUMENTO DE LOGRO

DS : FLUJO DE LA DISMINUCION DE LOGRO

$$R \text{ AU} . KL = \text{HAB} . K * \text{ESF} . K$$

AU : FLUJO EN EL AUMENTO DE LOGRO

HAB : HABILIDAD EN LA EJECUCION

ESF : ESFUERZO EN LA EJECUCION

A  $ESF.K = PS.K * (1 - PS.K) * (NA - NIL.K) * FE.K * VA$

C NIL=8

C VA=5

ESF : ESFUERZO EN LA EJECUCION

PS : PROBABILIDAD SUBJETIVA

NA : NIVEL DE ASPIRACION

NIL : NIVEL DE LOGRO

FE : FACTOR DE ENERGIA

VA : VALENCIA DE LA TAREA

A  $HAB1.K = INHAB * NA1 / NA$

C NA1=8

C NA=8

C INHAB=.65

HAB1 : HABILIDAD EN LA TAREA EFECTO DE MODIFICAR  
EL NIVEL DE ASPIRACION

INHAB : HABILIDAD INICIAL

NA1 : NIVEL DE ASPIRACION INICIAL

NA : NIVEL DE ASPIRACION (FINAL)

A  $HAB.K = \min(1, HAB1.K)$

HAB : HABILIDAD EN LA TAREA

HAB1 : HABILIDAD EN LA TAREA EFECTO DE MODIFICAR  
EL NIVEL DE ASPIRACION

MIN : RELACION QUE EXPRESA QUE SE ELIGE EL MINI-  
MO DE LOS DOS VALORES DEL PARENTESIS

R DS.KL=NIL.K

DS : FLUJO DISMINUCION DE LOGRO

NIL : NIVEL DE LOGRO

A PRE.K=NIL.K/NA

PRE : PROPORCION DE EXITO

NIL : NIVEL DE LOGRO

NA : NIVEL DE ASPIRACION

A PS1.K=SMOOTH(PRE.K,TP)

C TP=1

PS1 : PROBABILIDAD SUBJETIVA (EFECTO DE RETRASO  
DE PROPORCION DE EXITO)

SMOOTH : RETRASO DE INFORMACION DE PRIMER ORDEN

TP : TIEMPO DE RETRASO

A  $PS.K = PS1.K * FCO.K$

PS : PROBABILIDAD SUBJETIVA  
PS1 : PROBABILIDAD SUBJETIVA (EFECTO DE RETRASO  
DE PROPORCION DE EXITO)  
FCO : FACTOR DE COGNICIONES

SUBSISTEMA DE COGNICIONES

\*\*\*\*\*

L  $COG.K = COG.J + (DT) (INCRE.JK - DIS.JK)$

N  $COG = COGI$

C  $COGI = 15$

COG : NIVEL DE COGNICIONES  
DT : INTERVALO DE TIEMPO  
INCRE : FLUJO DE INCREMENTO DE COGNICIONES  
DIS : DISOLUCION DE COGNICIONES  
COGI : COGNICIONES INICIALES

R  $INCRE.KL = FT * COG.K * FM.K * FE.K * PS.K$

C  $FT = 0.8$

INCRE : FLUJO DE INCREMENTO DE COGNICIONES  
FT : FACTOR DE INCREMENTO DE COGNICIONES  
COG : NIVEL DE COGNICIONES  
FM : FACTOR DE EMOCIONES  
FE : FACTOR DE ENERGIA  
PS : PROBABILIDAD SUBJETIVA

R DIS.KL=COG.K\*COG.K\*FO

C FO=0.02

COG : NIVEL DE COGNICIONES

FO : FACTOR DE OLVIDO

A COG2.K=SMOOTH(COG.K,TC)

C TC=5

COG2 : COGNICIONES (SEGUNDO NIVEL)

SMOOTH : RETRASO DE INFORMACION DE PRIMER ORDEN

COG : NIVEL DE COGNICIONES

TC : TIEMPO DE RETRASO

A COGT.K=COG.K\*COG2.K/SQRT(COG.K\*COG2.K)

COGT : COGNICIONES TOTALES

COG2 : COGNICIONES (SEGUNDO NIVEL)

SQRT : FUNCION DE RAIZ CUADRADA

A FCO.K=TABHL (FOOT, COG2.K, 0, 30, 3)

T FOOT=.7/.8/.85/.90/.95/1/1.05/1.1/1.15/1.20/1.30

FCO : FACTOR DE COGNICIONES

TABHL : RELACION TIPO TABLA

FOOT : TABLA DE FACTOR DE COGNICIONES

COGT : COGNICIONES (TOTALES)

SUBSISTEMA DE EMOCIONES

\*\*\*\*\*

L EMO.K=EMO.J+(DT) (SUS.JK)

N EMO=EMOI

C EMOI=25

EMO : NIVEL DE EMOCIONES

DT : INTERVALO DE TIEMPO

SUS : FLUJO DE EMOCIONES SUSCITADAS

EMOI : EMOCIONES INICIALES



$$R \text{ SUS.KL} = (1/\text{TRM}) (\text{VEM.K} - \text{EMO.K})$$

SUS : FLUJO DE EMOCIONES SUSCITADAS

TRM : TIEMPO DE RECUPERACION DE EMOCIONES

VEM : VALOR DE EMOCIONES MARCADAS

EMO : NIVEL DE EMOCIONES

$$A \text{ VEM.K} = \text{NMO} * \text{FE.K} * \text{FCO.K}$$

$$C \text{ NMO} = 25$$

VEM : VALOR DE EMOCIONES MARCADAS

NMO : NIVEL NORMAL DE EMOCIONES

FE : FACTOR DE ENERGIA

FCO : FACTOR DE COGNICIONES

$$A \text{ FM.K} = \text{TABHL} (\text{FMT}, \text{EMO.K}, 0, 50, 5)$$

$$T \text{ FMT} = .5/.6/.7/.8/.9/1/1.1/1.2/1.3/1.4/1.5$$

FM : FACTOR DE EMOCIONES

TABHL : RELACION TIPO TABLA

FMT : TABLA DE FACTOR DE EMOCIONES

EMO : NIVEL DE EMOCIONES

SUBSISTEMA DE ENERGIA

\*\*\*\*\*

$$L \text{ NEN.K} = \text{NEN.J} + (\text{DT}) (\text{REC.JK} - \text{AGT.JK})$$

$$N \text{ NEN} = \text{NENI}$$

$$C \text{ NENI} = 500$$

NEN : NIVEL DE ENERGIA

DT : INTERVALO TEMPORAL

REC : FLUJO DE RECUPERACION DE ENERGIA

AGT : FLUJO DE AGOTAMIENTO DE ENERGIA

NENI : ENERGIA INICIAL

$$R \text{ REC.KL} = (1/\text{TREC}) (\text{NNO} - \text{NEN.K}) * \text{NEN.K}$$

$$C \text{ NNO} = 505$$

$$C \text{ TREC} = 2500$$

REC : FLUJO DE RECUPERACION DE ENERGIA

TREC : TIEMPO DE RECUPERACION DE ENERGIA

NNO : NIVEL NORMAL DE ENERGIA

R AGT.KL = (NMO-EMO.K) \*FCE+MET

C FCE=1.2

C MET=5

AGT : FLUJO DE AGOTAMIENTO DE ENERGIA

NMO : NIVEL NORMAL DE EMOCIONES

EMO : NIVEL DE EMOCIONES

FCE : FACTOR CONVERSION ENERGIA

MET : PERDIDA DEBIDA AL METABOLISMO

A FE.K=TABHL(FET,NEN.K,0,1000,100)

T FET=.5/.6/.7/.8/.9/1/1.1/1.2/1.3/1.4/1.5

FE : FACTOR DE ENERGIA

TABHL : RELACION TIPO TABLA

FET : TABLA DE FACTOR DE ENERGIA

NEN : NIVEL DE ENERGIA

#### 4.4.3.- Simulación

Como se ha indicado, los modelos en psicología no operan con una realidad perfectamente conocida. En consecuencia, no deben ser juzgados tanto por su precisión como por la corrección en las hipótesis que lo sustentan. De acuerdo con Randers (1973), consideramos que este tipo de modelos deben ser sometidos a una evaluación generalizada, donde se destaquen un conjunto de aspectos, fundamentalmente de carácter cualitativo, y no exclusivamente su ajuste cuantitativo. Es la morfología global de la conducta lo que nos interesa y no el detalle concreto. Esta circunstancia tiene una especial relevancia en nuestro modelo por cuanto las magnitudes de las variables han sido asignadas arbitrariamente, e importa, por ello, un esquema de comportamiento independiente de la escala utilizada.

En las próximas páginas se tendrá la ocasión de comprobar "en vivo", merced a la simulación, algunas de las ideas desarrolladas en esta tesis, tales como causalidad circular, atractor, catástrofe, tasa de renovación ..etc. Esperamos con ello, a través de lo concreto, demostrar la bondad de algunos supuestos establecidos, y, sobre todo, proporcionar una cierta comprensión del fenómeno de la depresión en los términos aquí propuestos.

Merece destacarse, en primer lugar, que la pérdida de equilibrio del sistema sólo depende de los valores que adopte la variable *emociones*. Es a partir de un nivel de ansiedad -nunca antes- cuando el sujeto se precipita en depresión. Se entiende, de esta forma, que múltiples son los equilibrios posibles (muchos de ellos en condiciones extremadamente adversas) siempre y cuando no se rebase un cierto umbral, a partir del cual, el sistema carezca del mecanismo de compensación adecuado -realimentación negativa-. Más allá de un determinado valor, una variación mínima en ansiedad, es suficiente para precipitar al sistema en un desequilibrio global -catástrofe-. Este

aspecto demuestra que "una paja puede ser suficiente para romper el lomo del camello", y que, por tanto, grandes efectos no siempre necesitan grandes causas. Una profunda depresión no exige, como causa próxima, un acontecimiento de gran magnitud.

En este sentido, concebimos la persona, en cuanto conducta, como un sistema regido por un conjunto de atractores. La topología de atractores no ha de ser única. Múltiples configuraciones son posibles, aunque no todas igualmente estables. Unas topologías presentarán unas cuencas de atracción más amplias que otras, y en consecuencia, admitirán perturbaciones de mayor rango sin que los acontecimientos que definen al sistema se salgan de su *cauce*. De esta forma, la depresión puede sobrevenir, desde la incidencia sobre un sistema estable de una perturbación de grandes dimensiones que precipite los acontecimientos del sistema fuera de su cuenca de atracción, hasta la llegada sobre un sistema de equilibrio precario de una perturbación mínimamente pequeña. Toda una gama es posible. Demostraremos, a través de simulación, estos supuestos. Cómo la magnitud de las perturbaciones afecta al sistema según el grado de estabilidad previa, y cómo un sistema *lejos del equilibrio* es extraordinariamente sensible a su entorno.

La depresión ocurre cuando las variables esenciales del sistema son afectadas por los acontecimientos del exterior. Se tendrá la ocasión de comprobar cómo los subsistemas interpuestos desde la periferia del sistema hasta su interior, tienen la función, merced a la realimentación negativa (y en la medida que las "salidas" de unos son las "entradas" de otros), de *amortiguar* la variedad de los acontecimientos del entorno. De qué manera cuanto más nos introducimos en el interior del sistema nos encontramos con subsistemas de menor tasa de renovación, donde tardan más en llegar los efectos, pero donde se mantienen por largo tiempo. De esta forma, la depresión siempre surge como un efecto retardado de lo que sucede en el exterior. Y cuando los acontecimientos del medio no justifiquen la depre-

sión ésta se mantendrá por efecto del retraso -inercia del sistema-. Estas ideas habrán de ser tenidas en cuenta en el proceso de intervención terapéutica, donde siempre hay un conflicto de elección entre objetivos a corto y a largo plazo.

Contemplaremos algunos aspectos de la personalidad que pueden incidir en el curso de la depresión. Distinguiremos, en este sentido, sistemas *ligeros* de sistemas *inerciales*. Los primeros pueden experimentar cambios profundos pero su mayor tasa de renovación y la ausencia de retrasos importantes, dará lugar a que éstos no sean permanentes. Son sistemas, diríamos más volubles, que admiten transformaciones en su estructura con cierta facilidad. Serán, en las terapias, más moldeables. Por el contrario, la mayor densidad de acontecimientos, de los sistemas *inerciales* los hará poco susceptibles al cambio. Estos habrán de realizarse con sumo cuidado y de forma progresiva, pero una vez logrados serán más permanentes. Simularemos estos aspectos de la personalidad añadiendo *depósitos* suplementarios en el sistema que le obliguen a operar con un mayor retraso y que impliquen una cierta complejidad añadida.

Procederemos, pues, a continuación, a ver plasmadas estas ideas en el modelo propuesto. Se logrará, así, a través de la simulación, una expresión concreta y formalizada de los supuestos, que a nuestro entender explican la dinámica humana, en general, y la depresión, en particular. Ofreceremos un conjunto de listados de ordenador que albergarán las diferentes hipótesis que serán contrastadas. Y esperamos que la contemplación "en vivo" de estos supuestos arroje alguna luz sobre los procesos de la depresión e impriman cierta validez a algunos de los conceptos desarrollados en esta tesis.

Empezaremos por considerar un supuesto sujeto en unas condiciones normales. En las variables de nivel que integran el sistema (cogniciones, emociones, logro y energía) presenta valores medios, e igualmente merece decirse de algunos otros aspectos tales como habilidad y

nivel de aspiración. Por otro lado, se contemplan retrasos medios. Así pues, el sistema es *normal*. El resultado de la simulación sería el siguiente:

Figura 4.25

Y el sistema, después de un pequeño ajuste tiende a los valores que marcan su equilibrio -atractores-. Se observa como el sistema, merced a la realimentación negativa, genera compensaciones, que a la larga le permiten recuperar su simetría. Merece destacarse (aunque ya no extendermos sobre esto) cómo el nivel de logro presenta inicialmente valores algo por debajo de los que les son propio en su equilibrio, y aunque en éste subsistema pronto se logra el nivel deseado, los restantes subsistema van iniciando su recuperación más lentamente como corresponde a su tasa de renovación (progresivamente menor cuanto más interior es el subsistema).

Pero, como se ha indicado, no existe un único equilibrio posible. Existen múltiples equilibrios, aunque no todos igualmente estables, por lo que podemos concebir a los seres humanos de muchas maneras distintas. La única condición es que la variable emociones (o ansiedad) no rebase el valor de 4.17. A partir de aquí, aunque se supere por una millonésima surgirá la catástrofe. En la figura 4.26 se observa un sistema menos estable que el anterior, pero que no llega a rebasar el listón de 4.17, y que a la postre se mantiene en equilibrio. Muchos otros equilibrios son posibles siempre y cuando se cumpla esta condición. Aquí expondremos sólo uno como botón de muestra.

Una perturbación considerable de un sistema fuertemente estable no tiene consecuencias especiales en términos de estabilidad, pero otro sistema que, por el contrario, se encuentre en la proximidad de una zona de catástrofe -aquí, para 4.17 puntos en las emociones-, no podrá soportar la más mínima perturbación. Contemplamos, de esta forma, en las siguientes figuras, cómo una misma perturbación (por ejemplo, una merma en las habilidades de 0.15 puntos) puede no significar nada en un caso, o suponer una catástrofe en el otro.



Figura 4.26. Una merma de 0.15 puntos en un sistema muy estable no implica una pérdida de estabilidad.

Figura 4.27. Pérdida de estabilidad para 0.15 puntos en un sistema poco estable

Se puede contemplar, igualmente, cómo la llegada de una perturbación en un momento determinado, de la misma forma, que la puesta en práctica de una intervención terapéutica, incide de forma distinta según se trate de sistema *ligero* o *inercial*. Aquellos sujetos constantes, más persistentes -de mayor memoria-, tardarán más en recibir los efectos de una perturbación, pero perdurará en ellos, más que en aquellas personas, digamos, más "mutables". Igualmente en el supuesto de intervención terapéutica, los efectos en dichos sujetos serán más lentos pero más permanentes.

*REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS*

- ABRANSON, L. Y., SELIGMAN, M. E. P. y TEASDALE, J. D. (1978): "Learned Helplessness in Humans: Critique and Reformulation". Journal of Abnormal Psychology, 87 (1). Págs. 49-74.
- ALEKSANDRO et al. (1973): "Matemáticas. Its contents, Methods and Meaning. M.I.T. V. es.: "La Matemática: Su contenido, Método y significado". Alianza Universidad.
- APTER, M. (1970): The Computer Simulation of Behaviour. Hutchinson and Co. London
- ARACIL, J. (1977): "Lecturas sobre Dinámica de Sistemas" (Selección e introducción). Subsecretaría de Planificación. 1977
- ARACIL, J.(1983): "Introducción a la dinámica de sistemas". Alianza Universidad textos. Madrid.
- ARACIL, J. (1986): " Máquinas, sistema y modelos". Tecnos. Madrid.
- ASHBY, W. R.(1956):"An Introduction to Cybernetics". Chapman & Hall Ltd., London; V. esp.: "Cibernética". Nueva Visión. Buenos Aires, 1976.
- ATKINSON, J. W. (1964): "An Introduction to Motivation". Princeton. N. J.: Van Nostrand.
- ATKINSON, J. W. (1958): "Toward Experimental Analysis of Human Motivation in Terms of Motives, Expectancies and Incentives". En Atkinson, J. W. (Ed.). Motives in Fantasy, Action and Society, op. cit. Págs. 288-305.
- BANDURA, A. (1977): "Toward a unifying Theory of Behavioral Change". Psychological Review, 84. Págs. 191-215.

- BECK, A. T. (1967): "Thinking and Depression: 1. Idiosyncratic Content and Cognitive Distorsions". *Archive of General Psychiatry*, 9. págs. 324-333.
- BECK, A. T. (1967): "Depression: Clinical Experimental and Theoretical Aspects". Harper and Row. New York.
- BECK, A. T. (1979): "Terapia Cognitiva de la Depresión". Desclé de Brouwer. Bilbao, 1983.
- BELLMAN, R.(1968):"Control's Theory", en CARNAP, R. et al.: "Mathematical Thinking in Behavioral Sciences". W. H. Freeman and company. San Francisco; V. esp.: "Matemáticas en las Ciencias del comportamiento". Alianza Universidad. Madrid, 1974.
- BERMUDEZ MORENO, J. (1985): "Psicología de la Personalidad". UNED. Madrid.
- BERTALANFFY, L. von. (1968): "General System Theory. Foundations, Development, Aplications". George Braziller. New York; V. esp.: "Teoría general de los sistemas". Fondo de Cultura Económica. Madrid, 1976.
- BERTALANFFY, L. von.; (1966): "Robots, Men and Minds". George Braziller. New York.; V. esp.: "Robots, hombres y mentes". Guadarrama. Madrid, 1974.
- BIBRING, E. (1953): "The Mechanism of Depression. En P. Greenacre (Ed.). "Affective Dissorders". International Universities Press. New York, 1986.
- BLANEY, P. (1977): "Contemporary Theories of Depression: Critique and Comparison". *Journal of Abnormal Psychology*, 86 (3). págs. 203-223.

- BODEN, M. (1977): "Artificial Intelligence and Natural Mann". Harvester Press Limited Brighton. V. es.: "Inteligencia Artificial y Hombre Natural". Tecnos, Madrid, 1984.
- BOHM, D. (1968): "Algunas Observaciones sobre la Noción de Orden" en Waddington et al. Hacia una Biología Teórica. Alianza Universidad. Madrid, 1976.
- BOULANGER, G. R. (1968): "Le Dossier de la Cybernetique". Marabout Université. Ed. Gerard and Co. Verviers.
- BROWN, I. (1977): "Perception, Theory and Commitment". The New Philosophy of Science. Precedent Publishing. V. esp.: "La Nueva Filosofía de la Ciencia". Tecnos, Madrid, 1984.
- BUCETA, J. y POLAINO-LORENTE, A. (1982): "Reformulación del Modelo de "Learned Helplessness" desde el punto de vista de la Psicología Atribucional". Rev. de Psic. Gral. y Apl. Vol. 37 (I). Págs. 13-29.
- BUNGE, M. (1959): "Causality. The place of the causal principle in modern science". Harvard University Press. Cambridge; V. esp.: "Causalidad". Eudeba. Buenos Aires, 1978.
- BUNGE, M. (1980): "The Mind-Body Problem". Pergamon Press Ltd., Oxford; V. esp.: "El problema mente-cerebro". Tecnos. Madrid, 1985.
- COLBY, K. M. (1975): "Artificial Paranoia". Pergamon Press. Nueva York.



- COLOM CANELLAS, A. (1979): "Sociología de la Educación y Teoría General de Sistemas. Oikos-Tau. Barcelona.
- COLONDRON, A. (1984): "Patología de la Acción. Un Enfoque Evolutivo-Cibernético". En Biocibernética. Implicaciones en Biología, Medicina y Tecnología. Roberto Moreno y José Mira, Comps. Siglo XXI. Las Palmas.
- COUFIGNAL, L. (1963): "La Cybernetique". Press Universitaires de France. París.
- COUVREUR, P. (1985): "La modelization Dynamique". Université de L'Etat a Mons.
- CROSSON, J. y SAYRE, K. (1967): "Philosophy and Cibernetics". University of Notre Dame Press. London. V. esp.: "Filosofía y Cibernética". F.C.E., Madrid, 1971.
- CHALMERS, F. (1976): "What is this Thing Called Science". University of Queensland Press. V. esp.: "¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?". Siglo XXI, Madrid, 1984.
- DE VEGA, M. (1984): "Filogénesis: Adaptación y Sesgos Biológicos del Conocimiento: Una alternativa a las analogías formales. Boletín de Psicología. Núms. 1-2. Valencia.
- EASTMAN, C. (1976): "Behavioral Formulations of Depression". Psychological Review, 83. págs. 227-291.
- EDDINGTON, A. S. (1984): "El ocaso del determinismo"., en GARDNER, M.: "El escarabajo sagrado". Salvat Editores. Barcelona, 1986.

- EINSTEIN, A. (1954): "Notas Autobiográficas". Alianza Editorial. Madrid, 1986.
- ELLIS, A. (1975): "Reason and Emotion in Psychotherapy". Lyle Stuart Secaucus. V. es.: "Razón y Emoción en Psicoterapia". Desclée de Brouwer. Bilbao, 1980.
- EYSENCK, H. J. (1967): "The Biological Basis of Personality". Springfield: Charles C. Thomas. Publ. V. esp.: "Las Bases Biológicas de la Personalidad". Fontanella. Barcelona, 1972.
- EYSENCK, H. J. (1972): "Psychologie is about the People". Penguin Books Ltd. Harmondsworth, Middlesex. V. esp.: "La rata o el diván". Alianza Editorial. Madrid, 1979.
- FESTER, C. B. (1973): "A Functional Analysis of Depression". American Psychologist. Págs. 857-869.
- FORRESTER, J. W. (1961): "Dinámica Industrial". Trad. Mercedes Pereiro. Ed. El Ateneo. Buenos Aires, 1981.
- FREUD, S. (1917): "Duelo y Melancolía". Biblioteca Nueva (9 Vols.). Madrid, 1972-1975.
- GARCIA PRADA, J. M. (1984): "Explicar y Comprender en Psicología". Estudios filosóficos. Vol. XXXIII. págs. 287-327.
- GRENEWICKI, H. (1965): "Cybernetique sans Mathematiques". Gautier-Villars. París. V. es.: "Cibernética sin matemáticas". F.C.E. México, 1965.
- HAKEN, H. (1981): "ERFOLGSGEHEIMNISSE DER NATUR". Deutsche Verlag. Stuttgart. V. esp.: "Fórmulas de éxito en la Naturaleza". Salvat Eds. Barcelona, 1986.



- HARRISON, R. P. y BECK, A. T. (1982): "Cognitive Therapy for Depression. Historical Development, Basic Concepts and Procedures". En P. A. Keller y L. G. Ritt (Eds.): Innovation and Clinical Practice: A source Book, Vol. 1. Prof. Resource Exchange. Sarrasola.
- HEIDER, F. (1958): "The Psychology of Interpersonal Relations". New York. Wiley and Sons.
- HIROTO, D. S. y SELIGMAN, M. E. P. (1975): "Generality of Learned Helplessness in Mann". J. Press. Soc. Psychol, 31. Págs. 311-327.
- HIRSH, M. W. y SMALE, S. (1974): "Differential Ecuations. Dynamical Systems and Linear Algebra". Academic Press. V. es.: "Ecuaciones Diferenciales, Sistemas dinámicos y Algebra Lineal". Alianza Ed. Madrid.
- HULL, C. (1943): "Principles of Behavior". Appleton. New York.
- JEFFERS, J. (1978): "An Introduction to System Analysis: with ecological applications". Edward Arnold. London.
- KATZ, D. (1945): "Psicología de la forma". Espasa Calpe. Madrid, 1975.
- KIELHOLZ, P. (1972): "Etats Dépressifs". Hans Hueber. Berna.
- LEWINSOHN, P. M. (1974): "Clinical and Theoretical Aspects of Depression". En K. S. Calhoon, H. E. ADAMS y K. M. MITCHELL (Eds.): Innovative Methods in Psychopatology. Wiley and Sons. New York.

- McMILLAN, C. (1973): "System Analysis. A Computer Approach to Decisions Models". Richard D. Irwing. Illinois. V. es.: "Análisis de Sistemas: Modelos de Toma de Decisiones por Computador". Trillas. México, 1977.
- MALDONADO, A. (1982): "Terapia de Conducta y Depresión. Un Análisis Experimental de los Modelos Conductual y cognitivo". Rev. de Psic. Gnal. y Aplicada, Vol. 37 (I). Págs. 31-56.
- MAIER, S. F. y SELIGMAN, M. E. P. (1976): "Learned Helplessness: Theory and Evidence". J. Exp. Psychol. Gen., 105. págs. 3-46.
- MENDELS, J. (1970): "Concepts of Depression". Wiley and Sons. New York. V. es.: "La Depresión". Herder, Barcelona, 1982.
- MARGALEF, R. (1968): "Perspectivas de la teoría ecológica". Blume ecología. Barcelona, 1978.
- MARGALEF, R. (1980). "La Biosfera". Omega. Barcelona, 1980
- MARTINEZ, S. y REQUENA, A. (1986): "Dinámica de Sistemas". Alianza Editorial. Madrid.
- MILLER, G. A.; GALANTER, E. y PRIBRAM, K. H. (1960): "Plans and the Structure of Behavior". Holt. New York.
- MILLER, J. G. (1965). "Living systems". Behav. Sci., 10, 193-237
- MILLER, W. R. y SELIGMAN, M. E. P. (1975): "Depression and Learned Helplessness in Mann. Journal of Abnormal Psychology, 84. Págs. 228-238.
- MONTSERRAT ESTEVE, S. (1985): "Psicología y Psicopatología Cibernéticas". Herder. Barcelona.

- MUNDUATE, L. (1984): "La Motivación en el Trabajo". Servicio de Publicaciones. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Madrid.
- NEWELL, A. y SIMON, H. A. (1972): "Human Problem Solving". Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff. New Jersey.
- NUTTIN, J. (1968): "La Structure de la Personalité". Press Universitaires de France. París. V. es.: "La Estructura de la Personalidad". Kapelusz. Buenos Aires, 1973.
- NUTTIN, J. (1980): "Theorie de la Motivation Humaine. Du Besoin au Proyect d'Action". Press Universitaires de France. París. V. es.: "Teoría de la Motivación Humana". Paidós. Buenos Aire, 1982.
- NYLOR, et al. (1966): "Computer Simulation Techniques". Wiley. V. esp.: "Técnica de Simulación por Ordenador". Limusa. México, 1977.
- OVERMEIER, J. B. y SELIGMAN, M. E. P. (1967): "Effects of Inescapable Shock upon subsecuent escape and avoidance responding". J. Comp. Physiol, 74. Págs. 28-33.
- PANIKER, S. (1982): "Aproximación al Orígen". Kairós. Madrid.
- PIAGET, J. (1964): "Seis Estudios de Psicología". Planeta Agostini. Barcelona, 1985.
- PIAGET, J. (1975): "L'Equilibration des Structures Cognitives. Probleme Central du Development". V. es.: "La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo. Siglo XXI. Madrid, 1978.

- PETERFREUND, E., SCHWARTZ, J. T. (1976). "Información, sistemas y psicoanálisis. Siglo veintiuno. Madrid, 1976
- POLAINO-LORENTE, A. (1984): "Depresión: Actualización Psicológica de un Problema Clínico". Alhambra. Madrid.
- POLAINO-LORENTE, A. (1985): "La Depresión". Martínez Roca. Barcelona.
- POPPER, K. R. (1957): "La miseria del historicismo". Alianza Taurus. Madrid, 1984.
- POPPER, K. R. (1974): "Búsqueda sin término". Tecnos. Madrid, 1977.
- POPPER, K. R. y ECCLES, J. C. (1980): "El Yo y su Cerebro". Labor Universitaria. Barcelona.
- POPPER, K. R. (1982): "El universo abierto". Tecnos. Madrid, 1984
- PRIGOGINE, I. (1983). "¿Tan sólo una ilusión?". Tusquets Editores. Barcelona.
- PRIGOGINE, I., STENGERS, I. (1979). : "La nouvelle alliance". Gallimard. ver. esp.: "La nueva alianza". Alianza editorial. Madrid, 1983.
- RANDERS, J. (1973): "Conceptualizing Dynamic Models of Social Systems: Lesson from a Study of Social Change". Ph. D. Thesis. M.I.T.
- RAPHAEL, B. (1976): "The Thinking Computer". W. H. Freeman and Company. London. V. es.: "El Computador Pensante". Cátedra. Madrid, 1984.

- RIBES, E. (1985): "Teoría de la Conducta: Un Análisis de Campo y Paramétrico". Trillas. México.
- RICOEUR, P. (1977): "Expliquer et Comprendre: Sur quelques Conexions remarquables entre la teorie de l'action et la teorie de l'histoire". Revue philosophique de Louraine. Vol. 75, págs. 126-147.
- RIVADULLA, A. (1984): "Filosofía Actual de la Ciencia". Editorial Nacional, Madrid.
- SAPARINA, Y. (1972): "El hombre, animal cibernético". Planeta. Barcelona.
- SELIGMAN, M. E. P. y MAIER, S. F. (1967): "Failure to Escape Traumatic Shock". J. Exp. Psychol, 74. Págs. 1-9.
- SELIGMAN, M. E. P. (1975): "Helplessness". W.H. Freeman. V. esp.: "Indefensión". Ed. Debate. Madrid, 1981.
- SMITH, S. L. (1968): "Extroversion and Sensory Thueshold". Psychophysiology, 5. págs. 293-299.
- SOBRAL, J. (1983): "Desamparo aprendido: Una Perspectiva desde el Locus de Control y la motivación de Logro". Tesis Doctoral. Universidad de Santiago.
- SOBRAL, J. y BERNAL (1984): "Desamparo Aprendido. Un modelo en Crisis de Disgregación. Boletín de Psicología, núm. 4. Págs. 77-97. Valencia.
- THIETART, R. A. (1977): La Dynamique de l'Homme au Travail". Les Editions d'Organization. París. 1975.
- THOM, R. (1972): "Stabilité et Morfologénese". París. Ediscience.

- THOM, R. (1980): "Parabole e Catastrofi. Intervista in Matematica, Scienza e filosofia". V. esp.: "Parábolas y Catástrofes". Tusquet Ed. Barcelona, 1985.
- TOUS, J. M. (1985): "Procesos cognitivos: una introducción a la Psicología informacional". Estudios de Psicología, Vol. 23-24, 153-163.
- TREFIL, P. (1983): "Panorama Inesperado". Salvat Eds. Barcelona, 1986.
- TRIBUS, M., McIRVINE, E. C. (1971): "Energía e información", en SCIENTIFIC AMERICAN: "La energía". Alianza Editorial. Madrid, 1982.
- TUSTIN, A. (1968): "Feedback", en CARNAP, R. et al.: "Mathematical Thinking in Behavioral Sciences". W. H. Freeman and company. San Francisco; V. esp.: "Matemáticas en las Ciencias del comportamiento". Alianza Universidad. Madrid, 1974.
- VAN GIGCH, J. (1978): "Applied General System Theory". Harper and Row, Publishers. New York; V. esp.: "Teoría general de sistemas aplicada". México. Trillas, 1981.
- VROOM, V. H. (1979): "Motivación y Alta Dirección". Trad. Susana Esqueda de Cruz. Trillas, México.
- WADDINGTON et al. (1968): "Toward a Theoretical Biology". Eddimburg 8 University Press. Edimburgo. Scotland. V. esp.: "Hacia una Biología Teórica". Alianza Edit. Madrid, 1976.
- WAGENSBERG, J. (1986): "Ideas sobre la Complejidad del mundo". Tusquet Eds. Barcelona.

- WALKER, E. L. (1958): "Action Decrement and its Relation to Learning" *Psychological Review*, 65. Págs. 129-142.
- WATZLAWICK, P. (1972): "¿Es real la realidad?. Confusión, desinformación, comunicación". 2 Ed. Herder, Barcelona, 1981.
- WEIZENBAUM, J. (1976): "Computer Power and Human Reason". Freeman and Company. London. V. esp.: "La Frontera entre el Ordenador y la Mente". Pirámide. Madrid, 1978.
- WIENER, N. (1948): "Cybernetics or control and communication in the animal and the machine". M.I.T. Press. New York; V. esp.: "Cibernética". Guadiana de publicaciones. Madrid, 1960.
- WILCOXON, L. A. et al. (1975): "Behavioral Formulations of Depression". In *Progress in B. A.* Edited by Herven M; Eisler, R. and Miller. Vol. 1.
- WILDEN, A. (1979): "Sistemas y Estructuras. Ensayos sobre comunicación e intercambio". Trad. Ubaldo Martínez Veiga. Alianza Editorial. Madrid.
- WITTGENSTEIN, L. (1918): "Tractatus Logico-Philosophicus". Alianza Editorial. Madrid, 1985.
- WOLPE, J. (1981): "La Depresión Neurótica: Un Modelo Experimental". *Análisis y Modificación de Conducta*. Vol. 7, Núms. 14 y 15. Págs. 209-221.
- WOODCOCK, A. y DAVIS, M. (1986): "Teoría de las Catástrofes". Cátedra. Madrid.

ZEEHAN, E. C. (1976): "Catastrophe Theorie". Scientific American.  
Abril, 1976.



# UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Reunido el Tribunal integrado por los abajo firmantes  
en el día de la fecha, para juzgar la Tesis Doctoral de  
D. CARLOS CAMACHO MARTINEZ VERA DE REY  
titulada METROLOGIA DE LA SITUACION MEDIANTE ORDENADOR.  
HACIA UN MODELO SISTEMICO DE LA DEPRISION

acordó otorgarle la calificación de APTO CUM LAUDE por  
maximide

Sevilla, 10 de NOVIEMBRE 1987

El Vocál,

42113 Q3

El Presidente

[Signature]

El Vocal,

[Signature]

El Secretario,

[Signature]

El Vocal,

[Signature]

El Doctorado,

[Signature]