

PSICOLOGIA Y PROCESOS DE AUTO-REGULACION

JUAN ALBERTO ARAGÓN

Universidad Nacional de Colombia

Los psicólogos experimentales han venido escribiendo cada vez con mayor frecuencia sobre un tipo de conducta que parece ser de crucial importancia para la comprensión del comportamiento en general y humano en particular: el auto-control. Tanto al nivel individual, como al nivel del comportamiento de los grupos sociales, los procesos de auto-control muy probablemente juegan un papel básico tanto en la regulación de comportamientos complejos, como en el desencadenamiento de conductas desadaptativas (Phillips y Wiener, 1966). Gran parte de la investigación empírica desarrollada en este campo se ha desarrollado tomando como marco referencial la moderna teoría del comportamiento (Kanfer, F. H., 1970; Skinner, B. F., 1953). A pesar del gran refinamiento metodológico de esta teoría, los límites teóricos y metodológicos que ella misma establece parecen haber creado ciertas dificultades en el análisis de estos procesos.

Existe, sin embargo, otra teoría con fundamentos científicos muy sólidos y que tiene como punto central precisamente los procesos de auto-control: la

cibernética. Es lógico, por lo tanto, querer plantear el estudio del auto-control utilizando esta teoría como marco de referencia. Esta razón y el hecho de que en nuestro medio tanto la cibernética como las aplicaciones que ésta tiene en la psicología son relativamente desconocidas, me han llevado a escribir el presente artículo. Expondré en él y con ánimo de divulgación, algunos aspectos de la teoría cibernética de los mecanismos de auto-regulación, así como algunas de las aplicaciones hechas de esta teoría al campo de la psicología.

Cibernética y psicología.

Tanto los modelos servomecánicos, como otros modelos provenientes del campo general de la cibernética se han venido empleando con frecuencia cada vez mayor en la investigación psicológica. Así, por ejemplo, Yates (1972) considera que el modelo servomecánico es básico para el estudio del control secuencial de comportamientos adiestrados. Guilford (1967) basó su teoría del intelecto en un modelo cibernético. Partiendo del supuesto de que el organismo es un sistema análogo a las computado-

ras, afirmó que el Sistema Nervioso Central recibe información, la *codifica*, produce nueva información sobre la base de la información disponible y *evalúa* los resultados de la actividad propia. Los estudios sobre la "inteligencia artificial" y la simulación de procesos cognoscitivos en computadoras, han permitido un enorme avance del conocimiento psicológico. Avance que se hace patente en la importantísima obra de Newell y Simon (1972). También en la esfera de las emociones se han realizado estudios psicofisiológicos y comportamentales con el empleo de modelos cibernéticos (Pribram, K. H., 1967, 1970; Simonov, P. V., 1970). Entre los resultados más interesantes de estas investigaciones está el descubrimiento de que las emociones negativas son función del grado de entropía de la situación. En nuestro país se están realizando investigaciones en esta dirección (Pereira, C., 1972). De igual manera podríamos citar una larga lista de investigaciones realizadas en los campos de la personalidad, la atención, el pensamiento, todos los cuales emplean modelos cibernéticos.

Podríamos preguntarnos, pues, a qué se debe este creciente interés por la cibernética y su aplicación a la investigación psicológica. Para responder a tal pregunta diremos, en primer lugar, que la cibernética, ciencia interdisciplinaria que reúne elementos de la física, la electrónica, las matemáticas y la lógica, y de la biología, parece ofrecer hoy día el modelo más general y mejor formalizado para el estudio del comportamiento. Además, gracias a su alto grado de matematización, nos ofrece técnicas de investigación muy fuertes, tales como la teoría de la información, la teoría de los juegos, el modelaje y la simulación de procesos adaptativos. Como veremos más adelante, la cibernética se ocupa de estudiar el comportamiento de una amplia clase de objetos designados como *sistemas cibernéticos*: máquinas, organismos vivos, sociedades, sin entrar a ocuparse de los objetos mismos. Desde

este punto de vista, la cibernética es la ciencia de todo comportamiento posible de los sistemas auto-regulados, con la única condición de que estos comportamientos sean regulares, repetibles, es decir, que estén sometidos a leyes. Es, pues, evidente, la gran generalidad del modelo. Respecto a su utilidad para la ciencia, es decir, a su capacidad de permitir inferencias y predicciones empíricamente comprobables, las investigaciones realizadas hasta el momento indican claramente que se trata de un modelo muy fructífero.

Algunos conceptos básicos de la cibernética.

Para iniciar nuestro bosquejo de la cibernética es necesario que comencemos por una definición adecuada de esta ciencia. Veamos, pues, qué nos dicen dos grandes autoridades en este campo: N. Wiener y R. Ashby. El "padre" de la cibernética, N. Wiener, la define como la "ciencia general de la regulación y la comunicación de los organismos vivos y las máquinas" (Wiener, N., 1948). Ashby, por su parte, nos dice que "la cibernética es la ciencia general de los sistemas cibernéticos y estudia los procesos de coordinación, regulación y conducción de éstos" (Ashby, W. R., 1963). Ya que los conceptos de "organismo vivo" y "máquina", empleados por Wiener, se pueden incluir dentro de la clase general de "sistemas cibernéticos", podríamos sintetizar las dos definiciones y decir que la cibernética es la ciencia de la comunicación y la regulación de los sistemas cibernéticos. Esta definición está constituida por tres conceptos básicos: "sistema cibernético", "comunicación" y "regulación". De los tres, en este artículo haremos una descripción del primero y el último. Algunos elementos de la "comunicación" (o información) se encontrarán implícitos o explícitos dentro del texto. Sin embargo, una exposición sistemática sobre este

tema se sale del marco y los objetivos del presente trabajo.

Sistemas cibernéticos.

Desde el punto de vista de la cibernética, un sistema es, en general, un conjunto de variables interrelacionadas a la manera de una transformación unívoca cerrada (Ashby, W. R., 1963, p. 46). Es decir, el sistema se define como un conjunto de variables en el cual los valores sucesivos (estados del sistema) que éstas vayan adquiriendo están unívocamente determinados. Esta sucesión de estados describe la "trayectoria" del sistema o, como Ashby la llama, su "curva de comportamiento". Greniewski (1969) clasifica los sistemas basándose en tres conceptos: "calendario" (conjunto de instantes o "cronos" por los cuales pasa el sistema); "repertorio" (conjunto de estados del sistema); "trayectoria" (función que subordina a los diferentes cronos del calendario, los estados diferenciados del repertorio). En esta forma se pueden clasificar los sistemas como "seguros" o "inseguros", según que la función expresada por el calendario sea unívoca o polívoca respectivamente; o también como prospectivos o retrospectivos, según que los estudie desde el punto de vista de la relación entrada-salida del sistema, o salida-entrada respectivamente. Tendríamos así: 1) sistemas prospectivos seguros; 2) sistemas prospectivos inseguros; 3) sistemas retrospectivos seguros; 4) sistemas retrospectivos inseguros.

Es de observar que el sistema definido en esta forma no hace referencia a ningún modelo físico, limitándose a señalar *cualquier* conjunto de variables interrelacionadas en la forma antes descrita. Así, pues, como sistema podremos entender un organismo vivo, una computadora, pero también los conjuntos individuo-medio ambiente, individuo-máquina, individuo-individuo, máquina-máquina, etc. En otras palabras, si logramos determinar un conjunto cualquiera

de variables que tengan función de trayectoria, podemos afirmar que se trata de un sistema. Por lo tanto, los sistemas cibernéticos son sistemas dinámicos y puramente funcionales.

Por otra parte, si analizamos los sistemas desde el punto de vista de la segunda ley de la termodinámica, encontramos que podemos dividirlos en dos clases generales: sistemas cerrados y sistemas abiertos. En teoría, si aislamos un sistema físico cualquiera de sus conexiones, con el medio, éste debería tender a un estado de equilibrio de tal índole que el intercambio energético entre sus partes se reduciría a cero, es decir, no efectuaría trabajo alguno. Diríamos entonces que el sistema ha adquirido su máxima entropía. Llamaremos a estos sistemas, sistemas cerrados. Ahora bien, cualquier estado diferente al de máxima entropía de un sistema podemos entenderlo como "entropía negativa" del sistema o como medida de su *organización*. Es fácil ver que para que un sistema tenga organización, una de las condiciones que debe cumplir es que mantenga cierto intercambio energético con el medio ambiente, pues de otra manera sería inevitable el aumento de su entropía (es decir, de su desorganización). Los sistemas que mantienen intercambio energético con el medio los llamaremos sistemas abiertos.

Por otra parte, a medida que aumenta la entropía de un sistema, el número de sus estados diferenciados se va reduciendo hasta llegar a un solo estado en el momento en que la entropía alcanza su punto máximo. Diremos, desde el punto de vista probabilístico, que mientras más probable sea un estado x_i del sistema, mayor será su entropía. Y viceversa, mientras menor sea la probabilidad de un estado x_i del sistema, mayor será su organización. Si tomamos como medida de organización de un sistema el grado de variedad de sus estados posibles, entonces esta medida coincide con la medida de la carga informativa de los mensajes provenientes de ese sis-

tema. "Así como la entropía es la medida de la desorganización, la información transmitida por un conjunto de señales es la medida de su organización. La información transmitida por una señal se puede interpretar como su entropía con signo negativo y como el logaritmo negativo de su probabilidad" (Wiener, N., 1961, p. 22).

El grado de variedad de los estados posibles de un sistema, como dijimos, está directamente relacionado con su grado de organización. Sin embargo, para caracterizar el concepto de "organización" de un sistema es necesario referirse a su "estabilidad". Recordemos que los sistemas organizados son, necesariamente, sistemas abiertos que mantienen cierto intercambio energético con el medio ambiente. Pero ese intercambio energético también puede ser fuente de perturbación del sistema. Para ilustrar este caso tenemos el ejemplo de un termostato que regula la temperatura de una habitación (Ashby, W. R., 1965). Los dos elementos, el termostato y la habitación, constituyen un sistema regulado por un circuito de retroalimentación: al llegar la temperatura a cierto límite máximo, se dilatan los circuitos metálicos del termostato y se conecta un dispositivo de enfriamiento; al reducirse la temperatura a cierto límite o umbral mínimo, un dispositivo análogo al anterior desconecta el refrigerador y, eventualmente, conecta un aparato que hace subir la temperatura. Pero si por influencia de la temperatura externa los dispositivos del termostato llegan a fundirse o a congelarse, el sistema se destruye. Para que un sistema sea estable debe poseer, por lo tanto, ciertos mecanismos que permitan contrarrestar las perturbaciones provenientes del exterior: se trata de los mecanismos de regulación o auto-regulación del sistema.

Habíamos hablado antes de la "curva de comportamiento" de un sistema refiriéndonos a su trayectoria. Diremos ahora que el comportamiento de un sistema sirve para regular sus relaciones con el

medio ambiente. Y desde ese punto de vista analizaremos la conducta general de los organismos, que entenderemos como una clase especial de sistemas auto-regulados. Ahora bien, una conducta se puede apreciar como regulada si permite la consecución de un fin (o un efecto). Podemos decir que la conducta del termostato es regulada pues permite la consecución de un fin: mantener la temperatura de la habitación dentro de determinados límites. Si el fin o efecto buscado por la conducta lo llamamos "standard de regulación", entonces la conducta regulatoria la podemos definir como un manejo de las funciones del organismo que hace que éste se comporte de acuerdo a un standard determinado. Es necesario aclarar que cuando hablamos aquí del "fin" de la conducta, no estamos introduciendo un elemento teleológico a la explicación: el standard estará en todo caso determinado por los aprendizajes anteriores, o por cualquier clase de "programa" que permita la regulación del comportamiento a través de las discrepancias que se puedan presentar entre la ejecución real y la ejecución programada. El mismo mecanismo que permite que un cañón equipado con radar "busque" a su objetivo, o que permite que el termostato mantenga la habitación dentro de ciertos límites de temperatura, puede servirnos aquí como modelo para el estudio de la conducta "motivada", sin necesidad de introducir términos vitalistas o mentalistas.

Si un sistema cualquiera (mecánico u orgánico) posee un standard de regulación, diremos que se trata de un sistema auto-regulado. Ahora bien, la conducta auto-regulada la podemos analizar de acuerdo a un modelo general: una perturbación en el medio (estímulo) causa una reacción del sistema (conducta); al producirse ésta provoca ciertos cambios en el medio externo (efecto) que brindan información retroactiva al organismo. Este compara el cambio producido por la conducta con el cambio esperado, de modo que si hay diver-

gencia entre los dos continuará actuando hasta eliminarla. Es fácil ver que un elemento básico para la auto-regulación es el circuito de retroalimentación (feedback) que permite las correcciones sucesivas, necesarias para alcanzar el fin establecido en el standard de regulación. Por lo tanto, antes de continuar caracterizando los conceptos de "estabilidad" y "control" de un sistema, se hace indispensable señalar ciertas propiedades del elemento constitutivo de esos conceptos: el circuito de retroalimentación.

La unidad Tote.

Para que el análisis científico de la conducta sea posible, es indispensable poseer cierta "unidad fija, reconocible y elemental del comportamiento" (Miller, Galanter y Pribram, 1960, p. 21). La psicología experimental ha tomado tradicionalmente dos unidades básicas de análisis: la unidad estímulo-respuesta (S-R) y la unidad estímulo discriminativo-conducta operante-refuerzo (S^d-Op-R). La primera unidad (S-R), actualmente aplicable sólo al análisis de las conductas conocidas como "respondientes", está fundamentada implícita o explícitamente en la noción de "arco reflejo". Noción que, a la luz de la moderna psicofisiología, es claramente insuficiente (por: Miller et al., op. cit., p. 22 y siguientes). La segunda unidad, empleada en el análisis de las conductas operantes, presenta grandes ventajas cuando se intenta circunscribir el estudio al análisis puramente topológico y funcional de la relación conducta-medio. Posee, sin embargo, ciertas limitaciones que podrían ser superadas si describimos la relación S^d-Op-R como un circuito de retroalimentación. En otras palabras, si definimos una operante como una conducta regulada por los eventos que le son contingentes en el medio, un elemento básico de ese proceso regulatorio es la información de regreso sobre el efecto que la conducta ha producido en el medio. Skinner ha comprendido bien

la necesidad de definir a las operantes como conductas fundadas en circuitos de retroalimentación (Skinner, 1971, p. 88), pero no establece claramente cuál es el papel de la información en ese circuito, ni nos dice cómo se efectúa la regulación. Otros conductistas, sin embargo, han percibido el problema y han presentado algunas hipótesis de solución. Uno de ellos es Berlyne (1969), quien propone como mecanismo de regulación de las operantes la incongruencia que se pueda presentar entre la "reacción óptima" y la "reacción real". Digamos de una vez que, desde este punto de vista, la regulación de las operantes está determinada, no tanto por el intercambio de información entre la conducta y sus efectos sobre el medio, sino fundamentalmente por la transmisión de información entre la reacción óptima y la reacción real (Berlyne, 1969, p. 52).

Para definir la "reacción óptima" Berlyne emplea el concepto de "valor" o "utilidad" introducido por la teoría matemática de los juegos. Desde este punto de vista la relación organismo-medio puede ser descrita como una situación conflictiva entre dos jugadores: el organismo y la naturaleza. Si partimos del supuesto de que los dos jugadores actúan "racionalmente", es decir, conocen la estrategia del otro y aplican la estrategia propia más conveniente en un momento dado, entonces en cada caso la mejor jugada para cualquiera de los dos contendientes está determinada por la llamada "estrategia pura minimax", o sea, una estrategia que minimiza las pérdidas posibles y maximiza las ganancias posibles, dado el valor anterior.

Ahora bien, en cada situación existe un número x de conductas posibles por parte del organismo. Desde el punto de vista de la teoría de los juegos se supone que todas esas posibles reacciones se pueden colocar en una escala numérica que mide su "utilidad" o su "valor subjetivo". De esa manera podemos definir la "reacción óptima" como aquella "cu-

yas consecuencias tienen la mayor utilidad entre todas las reacciones posibles" (Berlyne, 1969). Pero existen por lo menos dos factores que determinan cuál de esas reacciones posibles es la óptima en un momento dado: a) la situación externa; b) el estado del organismo. La situación externa determina la reacción óptima, pues está estableciendo el grado y el sentido de la perturbación que debe ser contrarrestada. El estado orgánico también la determina, pues influye decisivamente en las posibilidades de auto-regulación que se posean en un momento dado. Dentro del concepto de "estado orgánico", Berlyne incluye las variables motivacionales.

Definiendo así la reacción óptima, Berlyne afirma que una conducta será tanto más adaptativa cuanto más se acerque a la reacción óptima. En este sentido, la reacción óptima sirve a la manera de "test" para evaluar y corregir la conducta real del organismo. Tanto la evaluación como la corrección de la conducta son mecanismos de auto-regulación y se realizan gracias a dos canales de comunicación: uno que va de la reacción óptima a la conducta real y viceversa, a través de la situación externa. El otro canal también establece un feedback entre las dos conductas, pero pasando a través del estado del organismo. En general, el control tendría en estos casos la forma descrita en el cuadro 1.

Cuadro 1

Un modelo de regulación muy parecido al de Berlyne es el que nos dan Miller, Galanter y Pribram (1960). Definiendo al organismo como un sistema cibernético, estos autores parten del supuesto de que la auto-regulación tiene como finalidad básica la de mantener las variables esenciales (E) dentro del campo homeostático η (eta). Veamos qué quieren decir estos conceptos. Al definir un sistema como un conjunto de variables interrelacionadas, los valores sucesivos que esas variables vayan to-

mando los denominamos "estados" del sistema y a la curva total de todos los valores que las variables puedan adquirir, la llamamos "campo" del sistema. Pero ya que las variables son susceptibles, en principio, de adquirir un número indefinido de valores, un sistema nunca puede recorrer todo su "campo" sin desintegrarse. Por lo tanto dentro del "campo total" del sistema es necesario diferenciar un "campo homeostático" cuyos límites están definidos por los valores máximos o mínimos que puede adquirir el vector de todas las variables, sin que el sistema se desintegre. Por otra parte, las variables de un sistema se pueden organizar en una jerarquía según la importancia que tengan para la estabilidad del sistema. Una primera clasificación dicotómica nos permitiría distinguir entre las variables esenciales y no esenciales del organismo (Ashby, W. R., 1965). Las variables esenciales son aquellas cuyo funcionamiento y variación están estrechamente ligados a la estabilidad de un sistema (ej.: variables fisiológicas tales como la presión arterial, cantidad de agua en el organismo, etc.). Las variables no esenciales, por otra parte, no están directamente ligadas a las funciones de supervivencia, pero ayudan a mantener estables a las variables esenciales, colaborando así en la estabilidad del sistema en general. Ashby supone además que dentro de las variables esenciales se presenta un orden jerárquico según la importancia que tengan para la estabilidad del sistema (ej.: la necesidad de oxígeno en un organismo es más urgente que la necesidad de agua o alimento). Así, pues, el comportamiento de un sistema tiene como finalidad última mantener las variables esenciales dentro del campo homeostático. "El comportamiento adaptativo equivale al comportamiento de un sistema estable cuya región de estabilidad sea aquella región del espacio de fases en que las variables esenciales se mantengan dentro de sus límites normales" (Ashby, W.

R., 1965, p. 83). Los mecanismos de auto-regulación de un sistema sirven para contrarrestar las perturbaciones y los desequilibrios, manteniendo las variables esenciales dentro del campo homeostático.

Acceptando la "hipótesis cibernética" (Wiener, N., 1948), Miller, Galanter y Pribram afirman que la auto-regulación se funda en circuitos de retroalimentación. En líneas generales, la auto-regulación operaría de la siguiente manera: dado un estado x del sistema (ej.: un punto cualquiera en la realización de un plan o programa), se presenta un cambio en el medio externo (producido o no por la conducta del sistema mismo). Ese cambio es comparado con el estado necesario para mantener el equilibrio del sistema (fase de Test). Si entre el Test y la información recibida existe algún grado de incongruencia, el sistema pone en funcionamiento las operaciones necesarias para reducir y eliminar esa incongruencia (fase de operación). Por lo tanto se presenta un circuito de retroalimentación entre la fase de Test y la fase de Operación que continuará operando hasta que se elimine la incongruencia (éxito de la operación). Esta relación de Test-Operación-Test-Exito es tomada como unidad básica de análisis (el nombre TOTE se deriva de las iniciales de los elementos que la constituyen).

Cuadro 2

Es importante observar, como lo hacen Miller, Galanter y Pribram (1960, p. 27), que las flechas del cuadro 2 pueden ser interpretadas como transmisión de *energía, información o control*. Desde el punto de vista de la energía, podríamos entender que la unidad TOTE es un modelo de las estructuras neuronales de auto-regulación. Cuando hablamos de información, sin embargo, dejamos de referirnos a estructuras o tipos de energías, para establecer simplemente que se han registrado correlaciones en-

tre las entradas y las salidas del sistema. "La información es transmitida a través de un canal sólo en la medida en que la salida del canal está correlacionada con la entrada" (Miller, Galanter y Pribram, 1960, p. 28). Cuando hablamos de control estamos diciendo que el sistema adquiere una serie sucesiva de estados, pues obedece a un plan o programa que le da instrucciones y que determina la sucesión de los estados. El plan o programa sería, por lo tanto, un mecanismo regulador de la conducta "finalista", cuyo funcionamiento estaría fundado en circuitos de retroalimentación (unidad TOTE), gracias a los cuales se eliminan las incongruencias existentes entre los estados homeostáticos del sistema y las perturbaciones. Ahora bien, un plan puede ser concebido como un encadenamiento jerárquico de unidades TOTE, en las que el elemento operacional de una unidad TOTE molar, puede estar compuesto por unidades TOTE moleculares. Por eso, pues, "el modelo TOTE describe las unidades estratégicas y tácticas del comportamiento" (Miller, Galanter y Pribram, 1960, p. 32). Es interesante observar que en este punto se presenta una divergencia importante entre la teoría operante y la cibernética: ésta última establece un control jerárquico del comportamiento, mientras que la primera supone un control secuencial, a través de las cadenas de conducta.

Si aceptamos el modelo de control descrito anteriormente, se hacen evidentes por lo menos dos puntos de gran importancia para la psicología, especialmente para la psicología clínica: las relaciones entre los diversos niveles de la jerarquía y las relaciones de cada uno de los elementos comportamentales que entran en un circuito de retroalimentación y el circuito total. En lo relativo al primer punto, es claro que para que la auto-regulación funcione normalmente es necesario que exista una buena coordinación entre los distintos niveles que componen la jerarquía de unidades TOTE. Tomemos, por ejemplo, la rea-

lización de un plan estratégico consistente en alcanzar un punto x a partir de un punto A. Este plan está constituido por planes tácticos parciales que permiten pasar del punto A al B, etc., tal como lo ilustra el cuadro 3.

Cuadro 3

Para la realización de ese plan es indispensable que exista una regulación de los circuitos tácticos por parte del circuito estratégico y viceversa. Digamos, por ejemplo, que el plan estratégico consiste en aprender a tocar un instrumento musical. El proceso de aprendizaje (paso del punto A al punto B) se compone de una serie de pasos intermedios: práctica - mayor habilidad - refuerzo - más práctica. En un caso como éste, el sistema inicialmente puede estar compuesto por maestro-alumno, haciendo el maestro el rol de Test que va controlando y reduciendo la divergencia entre la reacción esperada y la reacción realizada. Puede darse, sin embargo, que ciertas reacciones incluidas dentro de circuitos menores comiencen a interferir la coordinación necesaria para realizar el circuito mayor. Por ejemplo, al comienzo de la práctica puede presentarse una reacción emocional intensa; la reacción emocional conduce a una mayor tensión muscular y ésta a un aumento de la sudoración. El sudor produce un empeoramiento de la coordinación de los dedos, lo que lleva a una peor ejecución y a una pérdida del refuerzo, etc. Podríamos decir que el circuito menor que acabamos de describir tiene una influencia entrópica sobre el circuito mayor, pues tiende a desorganizarlo. En este sentido podemos observar que el circuito desorganizante está compuesto por una serie de elementos ellos mismos organizados. De ahí, pues, que si identificamos el circuito entrópico con algunos (si no todos) de los disturbios que estudia la psicología clínica, esos disturbios deben ser entendidos como una forma sui géneris de orden, sólo

que no concordante con los circuitos estratégicos que organizan la conducta total del individuo.

Las relaciones de los elementos de un circuito, con el circuito total también revisten mucha importancia. En general, diremos que dos elementos conforman un circuito de retroalimentación si uno de ellos emite señales que regulan el comportamiento del otro, de tal manera que éste último emite señales que también regulan el comportamiento del primer elemento, tal como lo ilustra el cuadro 4. Es decir,

Cuadro 4

Un circuito de retroalimentación está compuesto por una cadena de elementos interdependientes de tal forma que el estado de cada uno de ellos puede ser entendido como causa y efecto del estado de los demás. Más aún, el mismo elemento puede pertenecer a dos o más circuitos, cumpliendo en cada uno de ellos funciones diferentes. Por eso, si tomamos varios circuitos compuestos por elementos comportamentales, la misma conducta puede ser reforzada en uno de esos circuitos y no serlo en otro.

Retroalimentación positiva y negativa.

La regulación de los elementos que entran en un circuito de retroalimentación puede tener, en general, dos sentidos: positivo y negativo. Tendremos un circuito negativo de retroalimentación cuando a la desviación de uno de los elementos del sistema corresponde una desviación contraria de otro elemento, de modo que la desviación inicial queda neutralizada. Un ejemplo de este tipo de circuitos es el termostato: a una desviación excesiva de la temperatura de la habitación, corresponde una contra-acción del termostato que hace regresar la temperatura a los límites previstos. Este es el caso general de las unidades TOTE. En ellas, la acción de la fase operativa depende de la dife-

rencia entre la información recibida y el patrón esperado, diferencia que tiende a ser liquidada por la operación de la unidad. El feedback negativo es uno de los elementos básicos en el control de todo sistema.

El feedback positivo tiene lugar cuando la desviación de un elemento del sistema provoca una desviación mayor de otros elementos del sistema, de modo que las desviaciones tienden a aumentar por influencia del circuito de retroalimentación. Un buen ejemplo de feedback positivo es el que nos da Maruyama (en: Phillips y Wiener, 1966): supongamos una roca con una pequeña hendidura en la que se deposita algo de agua. El agua, al congelarse, aumenta la hendidura, lo cual permite recolectar mayor cantidad de agua y también, posiblemente, sales. La hendidura continúa aumentando, pueden depositarse en ella semillas que al crecer, juntamente con la acción del agua, terminan por desintegrar la roca. Al nivel del comportamiento humano son muchos los ejemplos de circuitos positivos de retroalimentación. Por ejemplo, un pequeño disgusto dentro del matrimonio puede provocar el aislamiento momentáneo de los cónyuges; el aislamiento, a su vez, puede conducir a una creciente falta de comunicación y a un aumento de la tensión emocional, lo que aumenta la gravedad de los disgustos posteriores, etc.

Los circuitos positivos de retroalimentación hacen aumentar las desviaciones que se presentan en los valores de las variables, mientras que los circuitos negativos hacen descender esos valores, manteniéndolos dentro de determinados límites.

Ahora bien, la conducta de los sistemas cibernéticos en general, y del ser humano en particular, puede ser descrita y analizada a partir de circuitos de retroalimentación positivos y negativos, encadenados jerárquicamente. Veamos algunos de los resultados que el análisis de la conducta, hecho en estos términos, ha brindado.

Como dijimos anteriormente, dentro del encadenamiento jerárquico de unidades TOTE, un circuito inferior puede ejercer una influencia desorganizante (entrópica) sobre circuitos mayores. Phillips y Wiener (1966) ilustran este caso de la siguiente manera (ver cuadro 5):

Cuadro 5

En el cuadro 5 (parte A) vemos la misma conducta (orinar) incluida en dos circuitos de retroalimentación. En el circuito ABCA, el elemento A actúa a través de BC terminando por contrarrestarse. Lo mismo sucede con el circuito AMNA. Es evidente, sin embargo, que sólo el primer circuito (ABCA) está adaptado a las normas que la sociedad exige después de cierta edad. En la parte B se puede observar el efecto que estos circuitos tienen sobre circuitos mayores (circuito de auto-control). En la parte izquierda, el circuito ABCA es negativo y contrarresta el elemento inicial A (débil auto-control); en la parte derecha tenemos, por el contrario, un circuito positivo que hace aumentar el valor del elemento inicial A.

Antes de continuar adelante, observemos dos cosas. En primer lugar, la misma conducta (orinar) tiene diferentes efectos según el circuito en que esté incluida. En segundo lugar, los elementos comportamentales que componen cada circuito pueden ser interpretados a la vez como causa y efecto de los demás. Por lo tanto, lo importante está, no en encontrar la "causa" de una conducta determinada, sino más bien en determinar el circuito total en que está involucrada. De esta manera podemos intentar la reorganización del circuito, si es que éste es productor de entropía.

Cuadro 6

Si analizamos el cuadro 6, observamos que el control de un circuito entrópico se puede lograr intercalando en cual-

quiera de sus puntos un elemento comportamental que contrarreste el sentido del circuito. Resumiendo lo que DeLatil llamó "el control de los efectos", Phillips y Wiener (1966) establecieron las siguientes tres reglas para el control de los circuitos entrópicos:

1) Un circuito de retroalimentación está compuesto por elementos que no tienen, ni necesitan tener, un orden ni jerárquico, ni causal. Recordemos que esto sucede al nivel de los elementos que componen un circuito, pues al nivel de diferentes circuitos ese orden jerárquico sí se presenta.

2) Para controlar un circuito, es mejor interferirlo lo más cerca del punto donde se desea modificar la conducta. En el ejemplo anteriormente citado (cuadro 6) lo más económico sería interferir el circuito abcd en el punto b.

3) Para cambiar el sentido del circuito es necesario elegir el factor que teóricamente está más relacionado con la conducta que deseamos modificar. Estos factores se pueden determinar analizando el coeficiente de eficiencia que los distintos elementos del circuito tienen para mantenerlo. Como lo hacen los autores arriba citados, es necesario recordar que la modificación de la conducta se logra programándola "sobre la base de circuitos amplios de elementos interconectados" (Phillips y Wiener, 1966). La simple utilización del refuerzo, haciendo caso omiso del circuito en que está incluida la conducta por modificar, puede ser insuficiente.

Ahora bien, todo factor introducido en un circuito con la finalidad de controlarlo es por definición negativo, pues invierte el sentido original del circuito. Así, un factor negativo introducido en un circuito positivo, lo convierte en circuito negativo. Introducido en un circuito negativo, lo convierte en positivo. Maruyama (1963) caracteriza de la siguiente manera ese proceso:

1) Un circuito en que todos los elementos actúan en la misma dirección, es positivo (deviation-amplifying).

2) La introducción de un elemento negativo cambia la dirección del circuito.

3) Un elemento puede ser positivo en un circuito y negativo en otro, según la influencia del elemento sobre el circuito total.

4) Los elementos de un circuito no tienen prioridad ni jerárquica, ni causal.

5) La introducción de más de un elemento negativo en un circuito no hace más que reforzar la influencia negativa en ese circuito.

6) Para cambiar la dirección de un circuito, uno o más de sus elementos deben ser alterados. Esa alteración puede consistir o bien en cambiar la dirección de un elemento (y por lo tanto del circuito); o bien en aumentar o disminuir el intervalo entre los elementos; o bien en aumentar la importancia relativa de un elemento, de modo que contrarreste otro.

Podríamos preguntarnos cómo se forma un circuito, cómo se van incluyendo dentro de él los distintos elementos conductuales. Tal pregunta es pertinente cuando se trata de retroalimentaciones negativas. Pierde su importancia, sin embargo, cuando se trata de circuitos positivos, pues en este caso lo esencial no es el "impulso inicial" (Maruyama, 1963) que desencadena el circuito, sino más bien la amplitud de las desviaciones. En realidad, el impulso inicial no da mayor información sobre la regulación de la conducta actual, ni permite predecir o modificar el comportamiento. Para lograr estos dos últimos objetivos es indispensable analizar los circuitos que conectan las conductas sucesivas y las regulan. Por esa razón, cuando observamos una perturbación comportamental que pueda ser descrita como un circuito positivo de retroalimentación (por ejemplo, las llamadas "desorganizaciones de la personalidad"), la determinación de la causa inicial o "profunda" de la perturbación tiene en realidad poca impor-

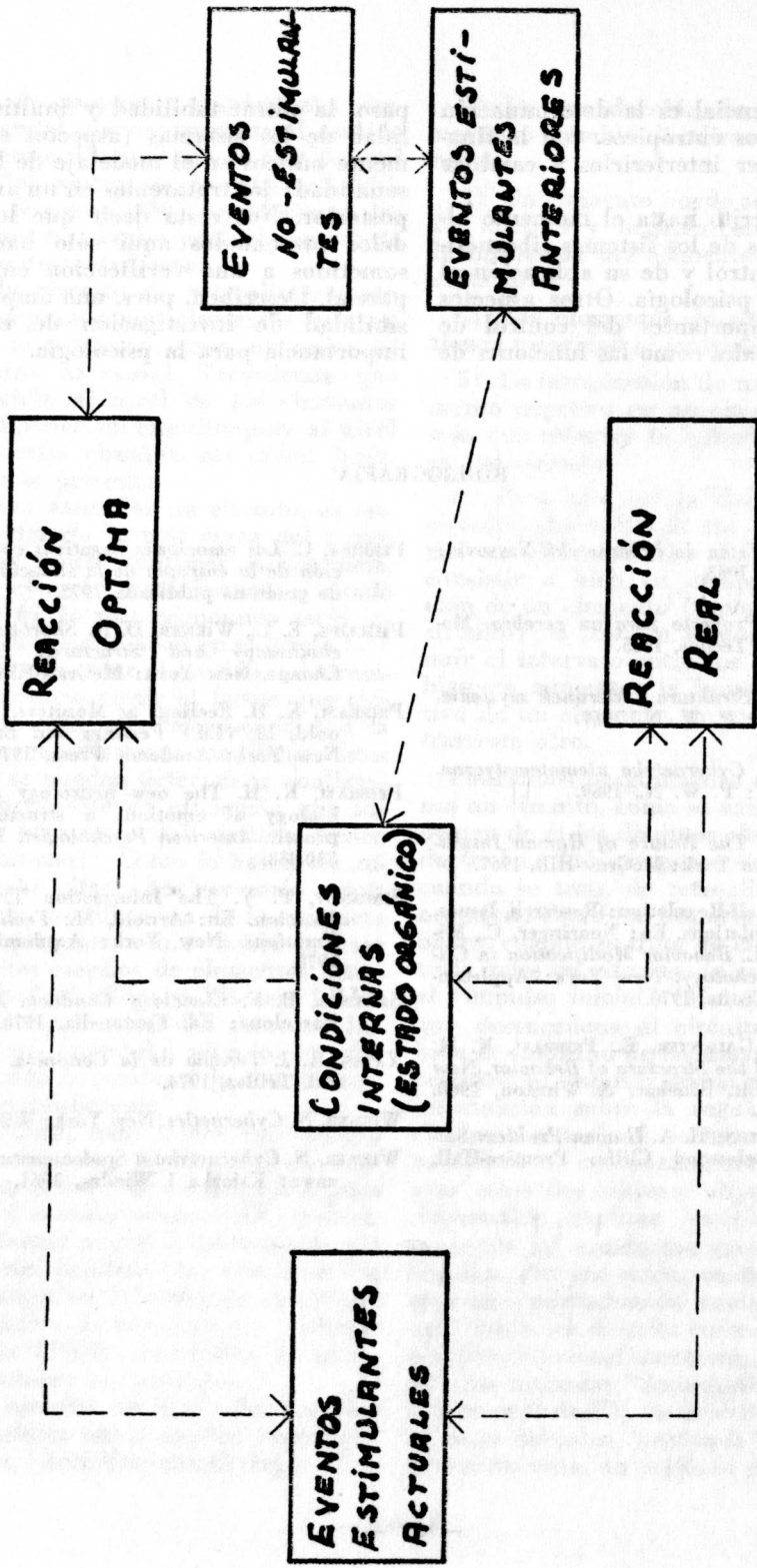
tancia. Lo esencial es la determinación de los circuitos entrópicos, con la finalidad de poder interferirlos y cambiar su dirección.

Hemos descrito hasta el momento algunos aspectos de los sistemas cibernéticos, de su control y de su aplicación al campo de la psicología. Otros aspectos no menos importantes del control de los sistemas, tales como las funciones de

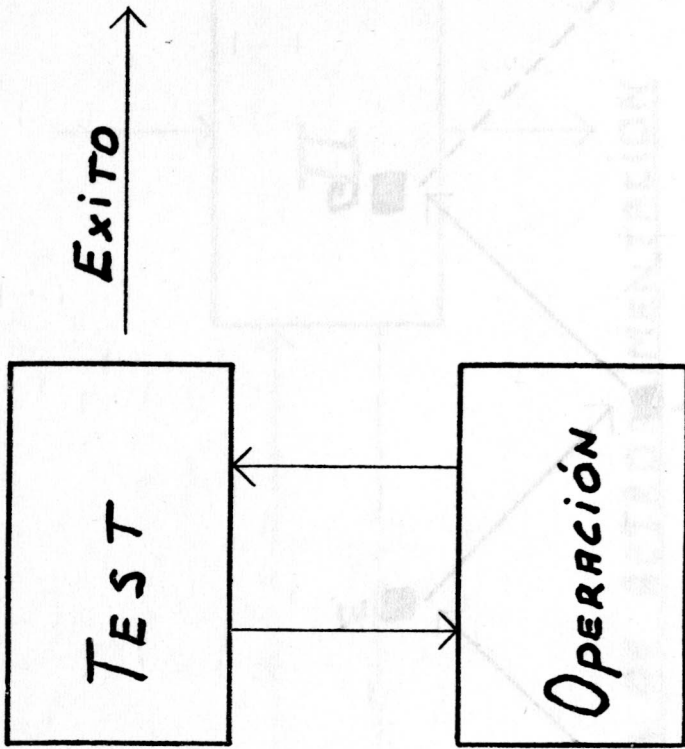
paso, la ultraestabilidad y multiestabilidad de los sistemas (aspectos seguramente básicos en el modelaje de la personalidad) los trataremos en un artículo posterior. Nos resta decir que los modelos presentados aquí sólo han sido sometidos a una verificación empírica parcial. Describen, pues, una amplia posibilidad de investigación de enorme importancia para la psicología.

BIBLIOGRAFIA

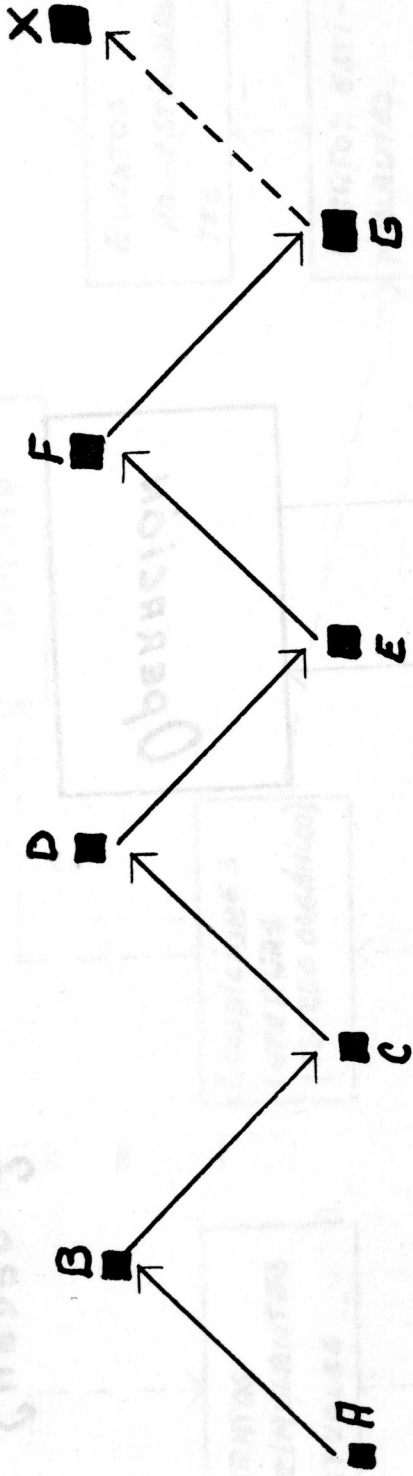
- ASHBY, W. R. *Wstep do cybernetyki*. Varsovia: P. W. N., 1963.
- ASHBY, W. R. *Proyecto para un cerebro*. Madrid: Ed. Tecnos, 1965.
- BERLYNE, E. D. *Struktura i kierunek myslenia*. Warszawa: P. W. N., 1969.
- GRENIIEWSKI, H. *Cybernetyka niematematyczna*. Warszawa: P. W. N., 1969.
- GUILFORD, J. P. *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill, 1967.
- KANFER, F. H. Self-Regulation: Research, Issues, and Speculations. En: Neuringer, C., Michael, J. L. *Behavior Modification in Clinical Psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts, 1970.
- MILLER, G. A. GALANTER, E., PRIBRAM, K. H. *Plans and the Structure of Behavior*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1960.
- NEWELL, A., SIMON, H. A. *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1972.
- PEREIRA, C. *Las emociones negativas como función de la entropía de la situación*. Tesis de grado no publicada, 1972.
- PHILLIPS, E. L., WIENER, D. N. *Short-term Psychotherapy and Structured Behavior Change*. New York: McGraw-Hill, 1966.
- PRIBRAM, K. H. Feelings as Monitors. En: Arnold, M. (Ed.) *Feelings and Emotions*. New York: Academic Press, 1970.
- PRIBRAM, K. H. The new neurology and the biology of emotion: a structural approach. *American Psychologist*, 1967, 22, 830-838.
- SIMONOV, P. V. The Information Theory of Emotion. En: Arnold, M., *Feelings and Emotions*. New York: Academic Press 1970.
- SKINNER, B. F. *Ciencia y Conducta Humana*. Barcelona: Ed. Fontanella, 1970.
- YATES, A. J. *Terapia de la Conducta*. México: Ed. Trillas, 1974.
- WIENER, N. *Cybernetics*. New York: Wiley, 1948.
- WIENER, N. *Cybernetyka a Spoleczenstwo*. Warszawa: Ksiązka i Wiedza, 1961.



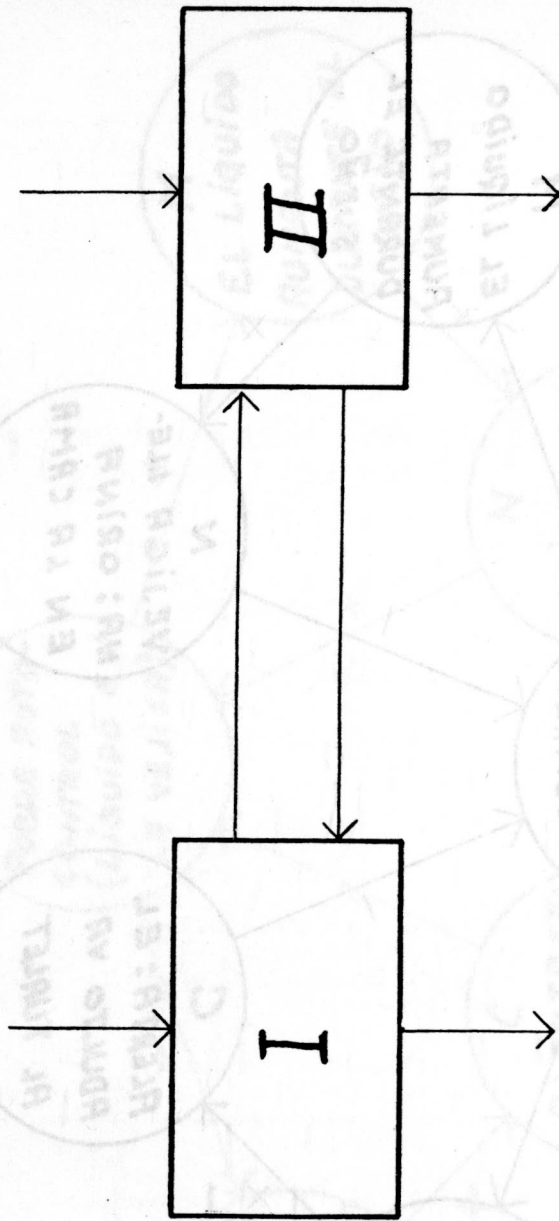
CUADRO 1



CUADRO 2

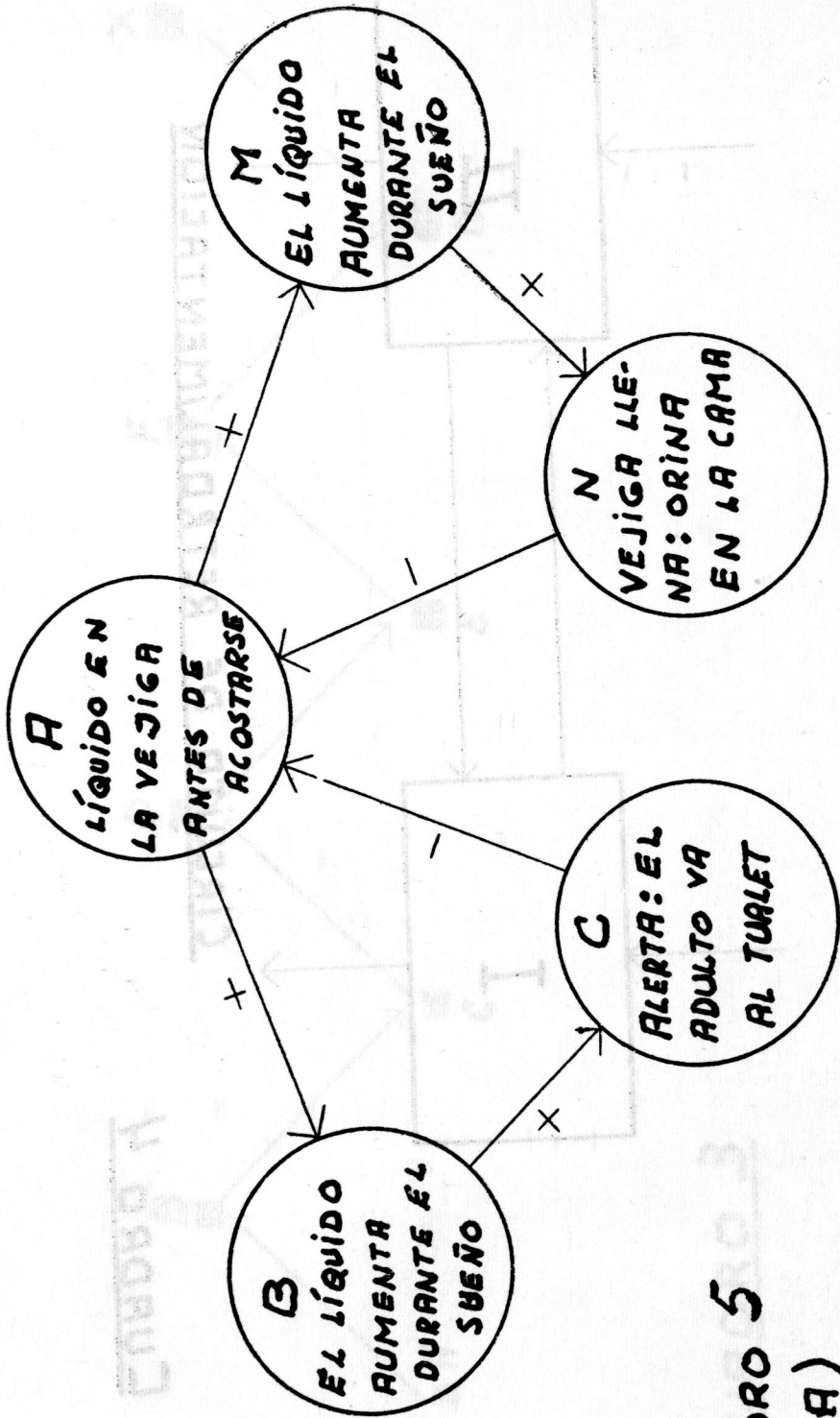


CUADRO 3

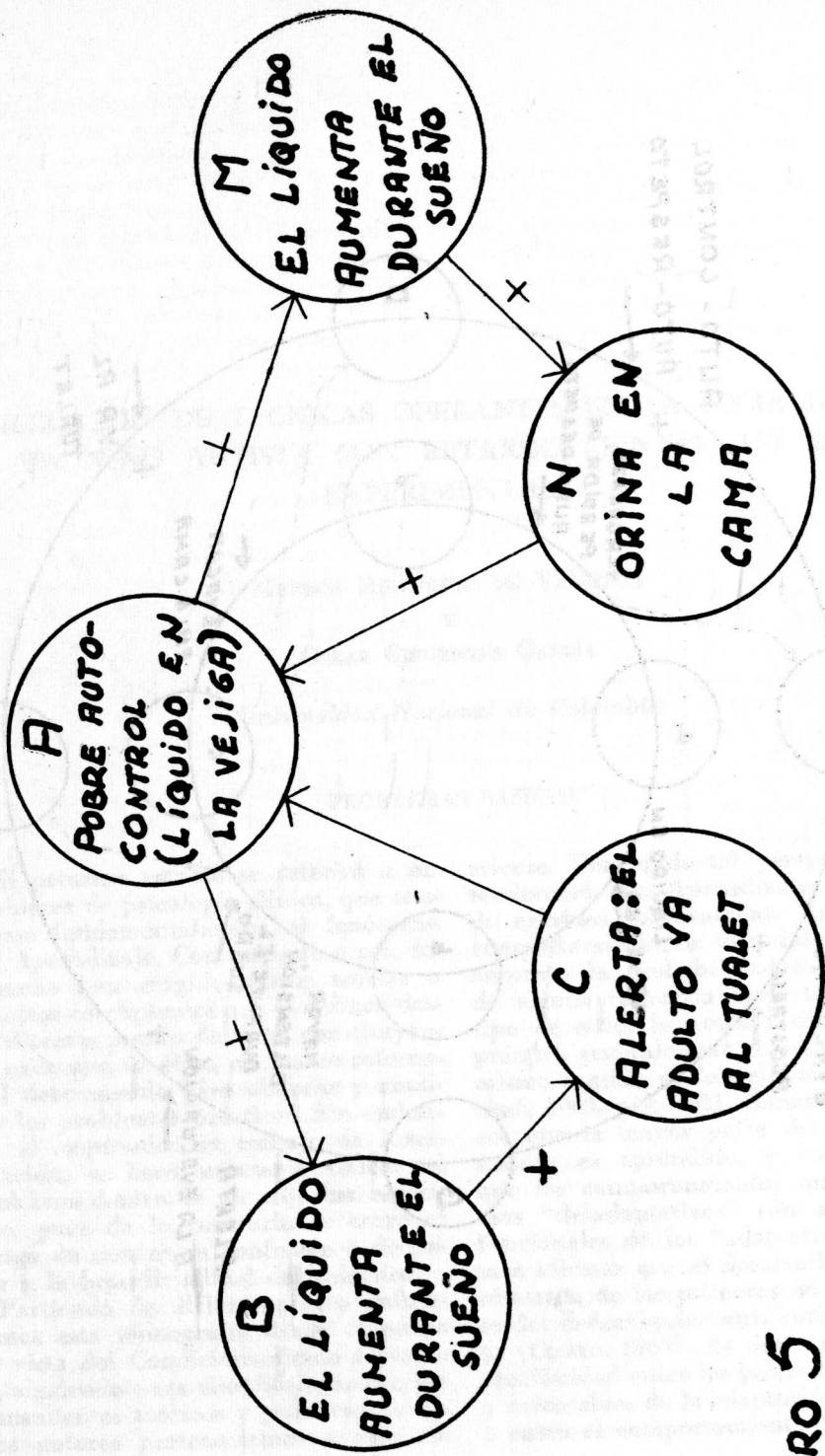


CIRCUITO DE RETROALIMENTACION

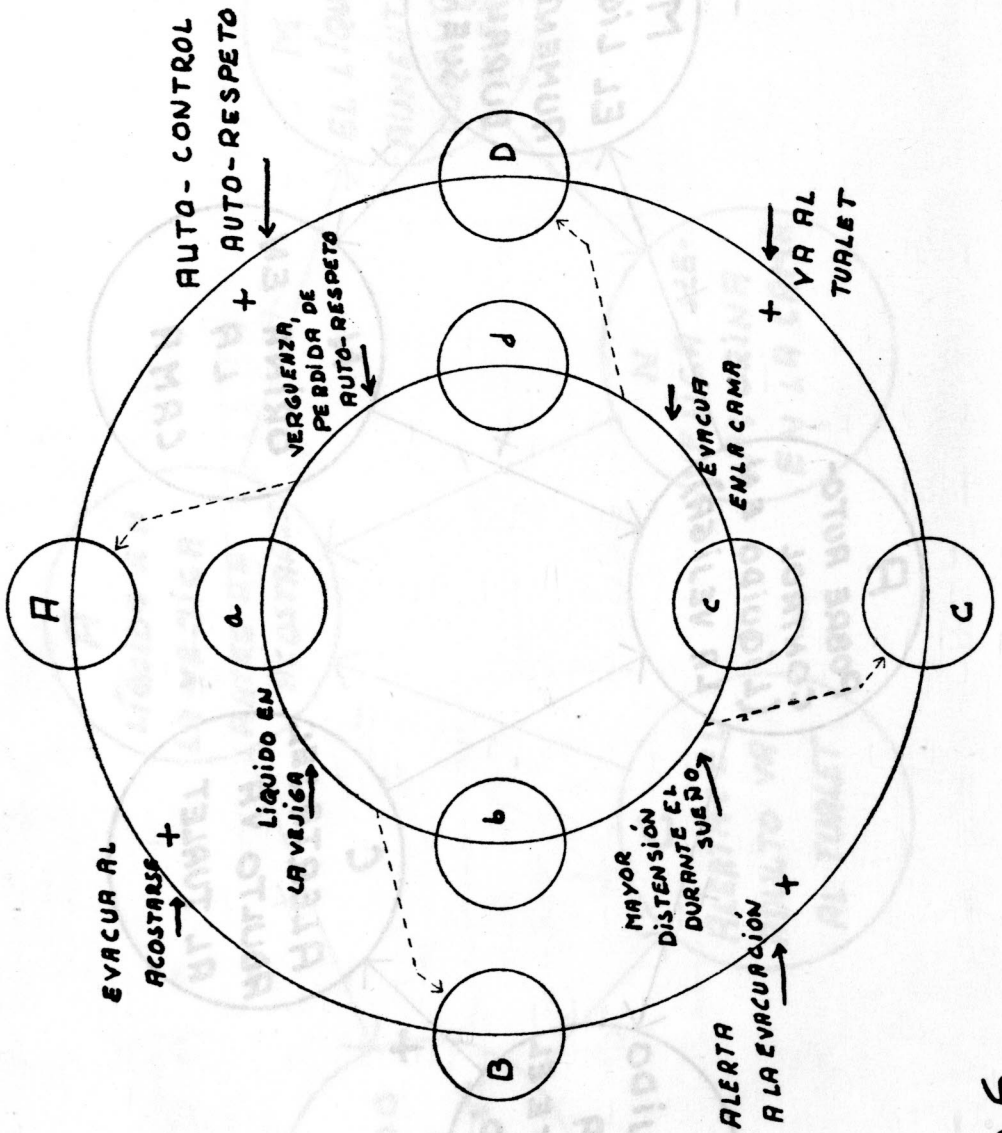
CUADRO 4



CUADRO 5
(A)



CUADRO 5
(B)



CUADRO 6