

APRENDIZAJE O DERIVA ONTOGÉNICA

Dr. Humberto Maturana

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas.

Universidad de Chile, Santiago, Chile.

En este artículo en honor de mi amigo y muchas veces maestro, Joaquín Luco, quiero presentar, de una manera sucinta y esquemática, mi visión del fenómeno de aprendizaje. Naturalmente lo que diré aquí no surge de la nada y tiene su fundamento en mi historia como biólogo en Chile, donde he tenido la oportunidad de aprender con Luco lo que jamás habría podido aprender en ninguna otra parte del mundo. Por esto, este trabajo es también mi expresión de agradecimiento hacia él.

El problema

Digo que hay aprendizaje cuando la conducta de un organismo varía durante su ontogenia (historia) de manera congruente con las variaciones del medio, y lo hace siguiendo un curso contingente a sus interacciones en él.

Que el sistema nervioso participa en el fenómeno de aprendizaje, es evidente en la interferencia que en dicho fenómeno se produce cuando se le daña o altera. Aunque el fenómeno aludido con la expresión *aprendizaje* puede ser descrito de muchas maneras diferentes, como cuando se habla de "la generación de una conducta adecuada al medio a partir de una experiencia previa", o se habla de "la adquisición de una habilidad nueva como resultado de la práctica", según lo que el observador quiera enfatizar, me parece que la caracterización que propongo arriba es necesaria y suficiente para abarcar todos los casos posibles.

Hay dos perspectivas básicas para enfrentar el fenómeno de aprendizaje si se le quiere explicar:

i) Según una perspectiva, el observador ve que el medio está ahí, afuera, como el mundo en que el organismo tiene que existir y actuar y que le proporciona la información, los datos, los significados que necesita para hacerse una representación de él, y así computar la conducta adecuada que le permitirá sobrevivir en él. De acuerdo a esta visión, el aprendizaje es el proceso mediante el cual el organismo obtiene información del medio y construye una representación de él que almacena en su memoria y utiliza para generar su conducta en respuesta a las perturbaciones que de él provienen. Desde este punto de vista, el recuerdo consiste en encontrar en la memoria la representación requerida para computar respuestas adecuadas a las interacciones recurrentes del medio.

Según esta perspectiva, el medio es instructivo, pues especifica en el organismo cambios de estado que, por ser congruentes con él, constituirán una representación de él.

ii) Según otra perspectiva, el observador ve que la conducta de un organismo (con su sistema nervioso incluido) está determinada en cada instante por su estructura, y que sólo puede ser adecuada al medio si esta estructura es congruente con la estructura del medio y su dinámica de cambio. De acuerdo con esta visión, el aprendizaje es el curso de cambio estructural que sigue el organismo (incluido su sistema nervioso) en congruencia con los cambios estructurales del medio como resultado de la recíproca selección estructural que se produce entre él y éste, durante la recurrencia de sus interacciones con conservación de sus respectivas identidades. *En esta visión el organismo no construye una representación del medio ni computa una conducta adecuada a él.* En esta visión para el organismo en su operar no hay medio, no hay recuerdo ni memoria, sólo hay una danza estructural en el presente que sigue un curso congruente con la danza estructural del medio, o se desintegra.

En esta visión la conducta del organismo permanece adecuada sólo si éste conserva su adaptación durante sus interacciones, y lo que un observador ve como recuerdo consiste precisamente en eso, en la aparición de conductas que él ve como adecuadas, porque el organismo conserva su adaptación frente a perturbaciones del medio que él ve como recurrentes. Según esta perspectiva, no hay interacciones instructivas, el medio sólo selecciona los cambios, estructurales del organismo y no los especifica.

Explicación

Como científicos nuestra tarea es mostrar cómo surgen los fenómenos, es decir, nuestra tarea es explicativa, no predictiva de sucesos por ocurrir. Por esto, frente a un fenómeno a explicar, como científicos sólo aceptamos como hipótesis explicativa, su reformulación en la proposición de un mecanismo generativo, que genere el fenómeno a explicar como resultado de su operar. Más aún, aceptamos como explicación científica solamente aquel mecanismo que, además del fenómeno a explicar, genera otros fenómenos observables no considerados para su formulación pero deducibles de él.

En otras palabras, las explicaciones científicas son proposiciones de sistemas determinados estructuralmente, que generan otros fenómenos observables además del fenómeno a explicar.

Esto tiene dos implicancias fundamentales:

I.- La ciencia sólo puede considerar sistemas determinados estructuralmente, (sistemas cerrados acotados en su estructura), es decir, sistemas en los cuales todo lo que ocurre está determinado en su estructura.

Quiero aclarar esto:

Con todo sistema determinado estructuralmente ocurre que su estructura específica en él y para él:

a) - un dominio de cambios estructurales, (cambio de relaciones entre componentes o cambio de propiedades de componentes), que no destruyen su organización, (relaciones entre componentes que definen su identidad de clase), y que llamo *cambios de estado*;

b) - un dominio de cambios estructurales con pérdida de organización (desintegración) que llamo *cambios destructivos*;

c) - un dominio de interacciones posibles que gatillan (desencadenan) en él cambios de estado, y que llamo *dominio de perturbaciones*, y

d) - un dominio de interacciones que gatillan en él cambios destructivos, y que llamo *dominio de interacciones destructivas*.

Un sistema determinado estructuralmente, por lo tanto, no admite interacciones instructivas, es decir, no admite interacciones en las que un agente externo especifique en él un cambio estructural, porque todos sus cambios estructurales posibles están especificados en su estructura. Por esto, la ciencia no trata ni puede, constitutivamente, tratar con sistemas instructivos.

II.- Es posible proponer explicaciones científicas en cualquier dominio fenoménico. Las únicas restricciones posibles son aquellas que provienen de circunstancias que interfieren con: la distinción o explicación del fenómeno a explicar, con la formulación del mecanismo generativo, o con la observación de los otros fenómenos deducibles de la proposición explicativa. Si alguna de estas condiciones no se puede satisfacer, no hay explicación científica.

De acuerdo a esto, explicar el fenómeno del aprendizaje consistirá, en principio, en mostrar cómo, (del operar del organismo y su sistema nervioso como sistemas determinados estructuralmente), surge lo que el observador ve como aprendizaje, en la distinción de un cambio conductual del organismo congruente con los cambios del medio, y contingente a su interactuar en él.

En particular mostraré, que el aprendizaje es consecuencia necesaria de la historia individual de todo ser vivo con plasticidad estructural ontogénica.

Elección de perspectiva

En la medida en que el organismo (con el sistema nervioso incluido) es un sistema determinado estructuralmente, la perspectiva informacionista, que requiere interacciones instructivas porque requiere que el medio especifique en el organismo (y su sistema nervioso) los cambios que le permiten crear una representación de él, debe abandonarse.

En otras palabras, considero que la perspectiva informacionista es constitutivamente inadecuada si lo que se quiere es tratar a los seres vivos como sistemas determinados estructuralmente.

La otra perspectiva, en cambio, no requiere interacciones instructivas y es compatible con un tratamiento del organismo y el sistema nervioso

como sistemas determinados estructuralmente. Esta, por lo tanto, será la que yo adopte.

ANTECEDENTES

Conducta

Un organismo, o un ser vivo, es un sistema dinámico. Es decir, un organismo, o un ser vivo, es un sistema que mientras conserva su organización está en continuo cambio de estado.

Un observador que mira al organismo o al ser vivo como unidad, interactuando en un medio, no ve, sus cambios de estado, sólo ve sus cambios de posición o de forma en el medio como reacción a las perturbaciones de éste, o como resultado de su propia dinámica interna. *Estos cambios de forma o de posición de un organismo o ser vivo con respecto a un medio, son su conducta.* La conducta no pertenece al organismo o ser vivo como una característica de todos o algunos de sus cambios de estado. *La conducta es una relación entre un organismo o ser vivo y el medio en que un observador lo distingue y contempla.*

El sistema nervioso como componente de un organismo o ser vivo, por lo tanto, no produce conducta, sólo participa en la dinámica de cambios de estado del sistema que integra. Para un observador, sin embargo, el sistema nervioso participa en la generación de una conducta en la medida que participa en los cambios de estado del organismo, o ser vivo, cuyos cambios de forma y posición con respecto a un medio él contempla y describe.

La distinción entre conductas aprendidas y conductas instintivas (o innatas), por lo tanto, no está en la conducta, sino en la historia de origen de las estructuras que generan la dinámica de estados del organismo que el observador ve como conducta.

Así, las estructuras que surgen en la ontogenia de un organismo cualquiera, contingentes a su historia de interacciones, dan origen a conductas aprendidas, mientras aquellas que surgen con independencia de esta historia, dan origen a conductas instintivas o innatas.

Finalmente, hay que destacar que todo cambio estructural en un organismo (su sistema nervioso incluido), al resultar en un cambio en su dinámica de estados, puede aparecer en el medio como un cambio conductual, Y también, al revés, que todo cambio conductual que aparece en las interacciones de un organismo en el medio, revela un cambio estructural en él.

En estas circunstancias, el observador verá una nueva conducta como instintiva o aprendida según vea el origen histórico de la nueva dinámica estructural que la genera.

Acoplamiento estructural

La conservación de la organización de un sistema determinado estructuralmente en el medio en que existe, es en él una condición *sine qua non* de existencia. Es decir, un sistema dinámico determinado estructuralmente existe sólo mientras su dinámica estructural se dé con conservación de su organización. Al mismo tiempo, la conservación de la organización de un sistema dinámico determinado estructuralmente en el medio en que existe, exige que todas sus interacciones sean perturbaciones, pues de lo contrario se desintegra con la primera interacción destructiva.

Es decir, la conservación de la organización de un sistema dinámico en un medio de interacción exige la correspondencia estructural entre el sistema y su medio. Cuando esto no ocurre, la correspondencia estructural se pierde, y el sistema se desintegra. Esta correspondencia estructural entre sistema y medio, que perdura mientras el sistema conserva su organización, y lo que yo llamo en general *acoplamiento estructural*, corresponde en los organismos y seres vivos a la condición de adaptación al medio.

En suma, todo sistema perdura como tal mientras conserva su organización y su acoplamiento estructural al medio en que existe. Por este motivo, la supervivencia en un medio, la conservación de la organización en él, es operacionalmente selectora del camino que sigue la dinámica estructural de un ser vivo. Por esto también todo ser vivo se encuentra donde se encuentra, en cada instante, como resultado de una historia ininterrumpida de interacciones en un medio, estático o cambiante, en el que ha conservado sin interrupción su organización y su adaptación (acoplamiento estructural).

La adaptación de un ser vivo a un medio no es consecuencia de su existir en él, sino que por el contrario, la condición necesaria que hace posible tal existencia. Por esto, la muerte es, simultáneamente, pérdida de la organización y de la adaptación.

La conservación de la organización, sin embargo, es la condición primaria porque define la unidad cuya adaptación se conserva, mientras que la conservación de la adaptación es relacional, pues define el contexto en que ésta se da.

Veamos como ocurre la conservación de la organización y la adaptación en el ser vivo y el sistema nervioso.

i) La organización que define al ser vivo es la organización *autopoietica* (ver Maturana y Varela, 1973). Esto quiere decir que cualquier cambio estructural del ser vivo que interfiera con su autopoiesis, sea éste de un origen que un observador ve como interno, o el resultado de lo que el observador ve como una interacción en el medio, lo desintegra.

La consecuencia general de mantener su organización autopoietica, será que el ser vivo se desplazará en su devenir como ser vivo, en un continuo cambio estructural especificado en cada instante por su estructura, pero que sigue un curso continuamente determinado por la conservación de su organización en el ámbito de sus interacciones en el medio.

Si el observador cree que puede describir el medio dirá que éste selecciona en el ser vivo su cambio estructural ontogénico; si reconoce que no lo puede hacer, dirá que la ontogenia del ser vivo transcurre en una deriva estructural con conservación de la adaptación y la organización.

ii) Todo lo anterior es válido para el sistema nervioso como sistema, con la diferencia de que la organización que se conserva no es la autopoietica, y el medio del sistema nervioso no es el mismo que el medio del ser vivo. Veámoslo. El sistema nervioso está compuesto por un conjunto de células que, como sistemas dinámicos determinados estructuralmente, están en continuo cambio estructural, de manera que en cada una de ellas, algunos de sus cambios de estado resultan en perturbaciones para otras, del mismo conjunto.

A estos cambios de estado de las células componentes del sistema nervioso que gatillan cambios de estado en otras células del sistema nervioso, yo llamo *cambios de actividad del sistema nervioso*. Más aún, yo incluyo en el sistema nervioso a neuronas, receptores y efectores (fibras musculares, por ejemplo), es decir, a todos los componentes celulares que, mediante sus cambios de actividad, gatillan cambios de actividad en los componentes del sistema nervioso y son a su vez incluidos en él, porque otros componentes del sistema nervioso gatillan cambios de actividad en ellos. En suma, para mí *el sistema nervioso es una red cerrada de elementos celulares en la que todo cambio en las relaciones de actividad de algunos de sus componentes siempre gatilla un cambio de actividad en otros componentes de la red*, entre los cuales pueden incluirse ellos mismos.

La organización del sistema nervioso es, por lo tanto, la de una red cerrada de componentes que interactúan entre sí, gatillándose unos a otros cambios de actividad que resultan en nuevas interacciones entre ellos. Esta organización es la que se mantiene invariante mientras el sistema nervioso se mantiene como sistema nervioso, en su cambio estructural con conservación de la organización y el acoplamiento estructural que constituye su devenir como componente de un organismo.

iii) Efectores y receptores no constituyen una excepción en el cierre del sistema nervioso como red, no sólo porque, como sabemos, están en general conectados de manera aferente y eferente con el resto de la red, sino porque además los efectores están conectados con los receptores a través del medio. De hecho, para el sistema nervioso visto así el medio no existe. Es decir, el medio, lo que el observador ve como externo al sistema nervioso no existe para éste, que actúa como una red cerrada de elementos que interactúan entre sí, porque el medio es sólo un camino de cierre como un espacio sináptico.

No tenemos dificultad en hacer abstracción de las características de espacio sináptico y reconocer que ellas no entran como tales en la transmisión sináptica. Lo mismo pasa con el medio que vemos interponerse como espacio sináptico entre un efector y un receptor.

Lo peculiar es que nosotros como observadores estamos parados en el medio como quien está parado en un espacio sináptico del sistema nervioso dentro del organismo, y lo abrimos en la descripción.

Esto nos seduce a decir, que el mundo de objetos, que nosotros describimos, (como seres con lenguaje, ver Maturana 1978), participa en la generación de la dinámica de estados del sistema nervioso, Esto es un error. Para la dinámica de estados del sistema nervioso el medio que describe el observador es irrelevante, lo único significativo para esa dinámica de estados es el cierre en la conexión efector receptor, y no cómo se hace.

iv) En estas circunstancias, así como el operar del ser vivo como unidad autopoietica consiste en una danza interna de producciones moleculares cerrada en una continua autopoiesis, el operar del sistema nervioso consiste en una danza interna de continua generación de cambios de relaciones de actividad entre sus componentes, cerrada sobre sí misma porque el sistema nervioso es como unidad, una red de componentes que sólo interactúan entre sí. Por esto, así como distintos sistemas autopoieticos se diferencian en cómo su estructura determina el modo particular como cada uno de ellos realiza su autopoiesis, distintos sistemas nerviosos se diferencian en cómo su estructura determina, en cada uno de ellos, el curso particular que siguen los cambios de relaciones de actividad entre sus componentes que constituyen su operar como red cerrada de interacciones entre componentes. El sistema nervioso no genera conductas, pero su operar como red cerrada componente de un organismo en un medio (al que están acoplados estructuralmente) resulta en lo que un observador ve como las conductas del organismo en su medio.

v) El medio de cualquier sistema es todo aquello que no queda determinado como parte de él por su organización, y que puede, interactuar con él como unidad. Más aún, todo sistema interactúa en su medio a través del operar de sus componentes mediante propiedades de éstos distintas de aquellas involucradas en su participación en el sistema que integran. Por esto, todo sistema determinado estructuralmente interactúa por dimensiones ortogonales a aquellas que lo definen. Así, para el sistema nervioso que integra un organismo, el resto del organismo, el medio del organismo y, muchas veces, productos del operar de sus componentes que interactúan como de manera ortogonal a su dinámica de estados, constituyen su medio. Lo mismo es válido para el organismo, agregando que el sistema nervioso es parte de su medio.

vi) Debido a su condición de sistema cerrado en su dinámica de estados, el sistema nervioso no tiene ni entradas ni salidas, y una descripción de él en tales términos no refleja ni su organización ni su operar.

Lo que un observador llama estímulo, y ve como una entrada, en el operar mismo del sistema nervioso, es de hecho una circunstancia de interacción del medio con los componentes del sistema nervioso, ortogonal al operar de éste como red cerrada de relaciones de actividad entre componentes, que al gatillar un cambio en su estructura gatilla también un cambio en su dominio de estados.

Así, el fotón que absorbe el fotorreceptor gatilla un cambio estructural en éste (isomerización del fotorpigmento), que modifica sus propiedades y su modo de participación en la dinámica de estados en el sistema nervioso que integra.

El cambio que se produce en el fotorreceptor no lo especifica el fotón, sino la estructura de éste. Por esto, decir que el fotón lleva información es equivocado operacionalmente, o es engañoso para la comprensión del operar del sistema nervioso como sistema.

vii) El sistema nervioso no interactúa ni puede interactuar a nivel de su dinámica de estados, sólo puede hacerlo en un dominio ortogonal a esta dinámica a nivel de la estructura de sus componentes. Por esto todos los componentes del sistema nervioso pueden aparecer ante un observador operando como superficies sensoriales, ya que son en éste, puntos de interacción ortogonal a su dinámica de estados que gatillan en él cambios en su dominio de estados.

viii) Lo que un observador ve como estímulo es lo que él considera que interactúa con el sistema nervioso o el organismo. De hecho, sin embargo, son éstos los que determinan que interactúa con ellos, ya que en cada caso es la estructura de cada uno la que especifica en cada uno su dominio de interacciones.

ix) La conservación de la organización del sistema nervioso (su condición de red cerrada) como componente de un organismo, involucra la conservación de la organización de éste como unidad en su medio en la medida en que el organismo forma parte del medio de existencia del sistema nervioso y de sus componentes. Por esto, el dominio de cambios de estado del sistema nervioso está también acotado por la

conservación de la organización y el acoplamiento estructural al medio (adaptación) del organismo que integra.

Correlaciones sensomotoras

En la medida que el observador está en el paso de cierre del sistema nervioso como componente del organismo, a nivel de la conexión efector-receptor, está en el dominio de existencia de éste y donde éste tiene conducta. Desde esa perspectiva, el observador puede describir la dinámica de estados del sistema nervioso como una dinámica de correlaciones sensomotoras, en la que cada cambio de estado del sistema nervioso (cambio de correlación sensomotora) que él ve como un cambio de postura o como movimiento del organismo (es decir, como una conducta), es un ,cambio en la conexión efector-receptor que realiza el cierre del sistema nervioso a través del medio en que él observa al organismo moverse. En general, por lo tanto, cada vez que un observador especifica una superficie de interacciones con un organismo, define para éste un dominio conductual como un dominio de cambios observables de posición del organismo en un medio, que él ve en el sistema nervioso como un dominio de correlaciones sensomotoras. Toda conducta en un organismo .que. involucra a su sistema nervioso, surge en él como expresión de su dinámica de correlaciones sensomotoras.

Dinámica Estructural

El sistema nervioso y el organismo que son sistemas dinámicos, es decir, están en continuo cambio estructural. Estos cambios estructurales, pueden ser cambios en las relaciones de los componentes o cambio en las características de los componentes. En el sistema nervioso, los primeros aparecen como cambios en las relaciones de ,actividad de sus componentes que resultan de cambios en las propiedades de éstos que tienen un carácter reversible por su constante de recuperación corta con respecto a la dinámica total del organismo. Los cambios de membranas asociados a la conducción de un impulso nervioso o a la transmisión sináptica, que modifica reversiblemente la estructura de los componentes del sistema nervioso y, por lo tanto sus propiedades, son de este tipo. A estos cambios los llamo cambios de primer orden. Los segundos se dan en el sistema nervioso como

cambios irreversibles o de constante temporal de recuperación muy larga con respecto a la dinámica total del organismo. Los efectos tróficos y hormonales que constituyen cambios estructurales irreversibles, o de constante de reversión muy larga, en los componentes del sistema nervioso, y que, por lo tanto, modifican sus propiedades de una manera que admite una historia de cambio acumulativo irreversible, son cambios estructurales de este otro tipo. A estos cambios los llamo cambios estructurales de segundo orden.

VISLUMBRE DE RESPUESTA

Deriva ontogénica

Durante la ontogenia de un organismo y su sistema nervioso se están produciendo continuamente cambios estructurales de primer y segundo orden, gatillados por sus respectivas interacciones en sus respectivos medios, Esto tiene varias consecuencias fundamentales. Veámoslas:

i) En la medida en que tanto el organismo como el sistema nervioso forman parte cada uno del medio del otro, sus respectivas derivas ontogénicas deben darse en un recíproco acoplamiento mientras conserven sus respectivas organizaciones. Esto quiere decir, que el organismo forma una unidad que incluye al sistema nervioso de una manera tal, que las interacciones de los componentes del sistema nervioso con el resto del organismo son ortogonales a su participación en la dinámica de estados del sistema nervioso. Al mismo tiempo, quiere decir que la deriva ontogénica de la dinámica de estados del sistema nervioso debe ser congruente con la conservación de la adaptación (acoplamiento estructural) del organismo a su medio de existencia.

ii) Lo que el observador ve como conducta al contemplar las interacciones (de un organismo con sistema nervioso en su medio, es siempre expresión de la dinámica de estado de una unidad que incluye un sistema nervioso, no el solo producto de este último. Más aún, lo que el observador ve en cada instante como conducta, es siempre expresión del presente estructural de la unidad organismo que incluye al sistema nervioso, y ese presente estructural es siempre el resultado de

una deriva estructural ontogénica que comienza con la célula inicial que da origen al organismo. La constitución genética de la célula inicial es un punto de partida que acota las ontogonias posibles, pero que no las especifica; por esto, toda ontogenia es una epigénesis que involucra siempre al organismo como unidad, cualesquiera sean los componentes que un observador pueda distinguir en él.

iii) La dinámica de estados del sistema nervioso como una dinámica de correlaciones sensomotoras es en cada instante el resultado de la epigénesis del organismo y, por lo tanto, el resultado de la historia de cambio estructural de éste con conservación de su organización y adaptación. Al mismo tiempo, es el resultado de su propia epigénesis como componente del organismo en un medio. El observador puede asociar distintas configuraciones de correlaciones sensomotoras del sistema nervioso a distintas conductas y describir al sistema nervioso como generando acciones del organismo sobre el mundo con mayor o menor intencionalidad propositiva o con mayor o menor eficacia o efectividad. En todos los casos, sin embargo, la dinámica de estados del sistema nervioso es una dinámica interna de correlaciones de actividad entre sus componentes que sigue un curso determinado en su estructura, en circunstancias que ésta es en todo instante de observación, el resultado de la epigénesis del organismo.

iv) La diferencia entre características estructurales de un organismo determinadas genéticamente y no determinadas genéticamente, no tienen que ver con su origen epigénico en una ontogenia del organismo con conservación de organización y adaptación, sino que con la diversidad de historias ontogénicas que las hacen posible. Así, una característica estructural que aparece en la epigénesis bajo cualquier historia de interacciones ontogénicas, se dice que es de determinación genética. Otra, en cambio, que aparece solo bajo ciertas historias de interacciones ontogénicas, se dice que es adquirida. En el proceso de su establecimiento a lo largo de la epigénesis del organismo, sin embargo, ambos tipos de características estructurales son indistinguibles: ambas aparecen como resultado de una deriva ontogénica del organismo con conservación de organización y adaptación. Un observador del organismo en su contexto, imaginando alternativas, puede describir este proceso como uno de selección epigénica en el que las distintas historias de interacciones ontogénicas seleccionan distintos cursos de cambios estructural para el caso de la misma constitución genética inicial.

v) Lo dicho en el punto anterior es válido para la estructura del sistema nervioso y, por lo tanto, también para su dinámica sensomotora y lo que el observador ve como conducta. Las conductas instintivas y aprendidas, según esto, no se diferencian en su naturaleza, sino en las posibilidades de surgimiento epigénico de las estructuras que determinan las correlaciones sensomotoras del organismo que las exhibe. Más aún, según esto, no hay conductas heredadas, sólo se heredan estructuras iniciales (constitución genética de la célula inicial de un organismo) que determinan puntos de partida para posibles epigénesis.

RESPUESTA

Aprendizaje

Todo lo dicho muestra que la epigénesis de un organismo es un proceso de continuo cambio estructural y que éste sigue un curso en continua congruencia con los cambios estructurales del medio como resultado inevitable de la necesaria conservación de la organización y la adaptación en que tiene que darse la ontogenia de todo sistema. Todo lo dicho muestra también que esto ocurre de manera que los cambios conductuales del organismo surgen como resultado de su historia de interacciones asociados a este cambio estructural, de modo que lo adecuado de los cambios conductuales del organismo a los cambios del medio, son el resultado de la conservación de la adaptación de éste.

En suma, todo lo dicho muestra que no hay diferencia intrínseca entre conducta instintiva y conducta aprendida, ya que ambas son el resultado de la epigénesis del organismo y surgen en cada caso, como consecuencia inevitable de la historia de interacciones de éste con conservación de la organización y la adaptación. La diferencia entre ellas está sólo en el grado de libertad epigenética que determina la estructura de la célula inicial.

El aprendizaje, como la diferenciación celular, no es un fenómeno de adaptación del organismo al medio, es la consecuencia de la epigénesis del organismo con conservación de su adaptación en un medio particular en el que la conservación de la organización y la adaptación han sido las referencias operacionales para el camino seguido por el cambio

estructural. El organismo, está donde está, porque conservó su organización y su adaptación en un medio cambiante o estático, y decimos que aprendió porque, comparativamente, vemos que su conducta es diferente a la de un momento anterior de una manera contingente a su historia de interacciones. Sin comparación histórica no podemos decir nada: sólo veríamos un organismo en congruencia conductual con su medio en el presente.

Reflexiones sobre las reflexiones

El fenómeno a explicar era el cambio conductual del organismo congruente con los cambios del medio y contingente a su interactuar en él. El procedimiento explicativo ha sido indirecto. He puesto a la sobrevida como el fenómeno fundamental a la conservación de la organización y de la adaptación como el mecanismo generativo de dicho fenómeno, y al aprendizaje como el fenómeno adicional observable como consecuencia del operar del mecanismo explicativo de la sobrevida. Esto se ha logrado mostrando que la conservación de la congruencia entre la conducta de un organismo y las perturbaciones que el medio ejerce sobre él son: a) una condición necesaria de existencia del organismo implícita en la conservación de la organización y adaptación durante la ontogenia y, b) el resultado de que el cambio estructural del organismo con su sistema nervioso incluido siga siempre un curso determinado por la coincidencia de las perturbaciones ambientales y la conservación de la organización y adaptación que, de hecho, constituyen la condición de existencia del organismo. Esto parece una tautología y lo es. Es un sistema de ecuaciones con algunas variables, como la estructura inicial (el cigoto en un organismo con reproducción sexuada, por ejemplo) y la secuencia de perturbaciones que constituyen el medio efectivo en que se realiza la ontogenia del organismo, que una vez fijadas determinan una sola solución: la historia individual del organismo en congruencia con el medio (nicho) hasta su muerte (pérdida de su congruencia con el medio). Me doy cuenta que esto ofrece algunas dificultades al lector. Veámoslas:

i) Parece que lo dicho deja el problema abierto y no muestra cómo se produce la conservación de la organización y la adaptación. Esto no es estrictamente cierto. Lo que sí hace es cambiar el problema. El problema ya no es cómo se acomoda el organismo al medio, conductualmente o de cualquier otra manera. El problema es ahora ¿cómo es la estructura inicial de un organismo a nivel de la primera

célula (cigoto de ser humano, por ejemplo) de modo que admite una epigénesis que si se da con una cierta secuencia particular de interacciones después de 25 años hay un adulto con la conducta de un médico, en, circunstancias que esa misma célula inicial no admite una epigénesis que culmine en un elefante?

ii) Todo lo dicho no parece tomar adecuadamente en cuenta al sistema nervioso, Esto tampoco es estrictamente cierto. Lo que hace es devolver al sistema nervioso su condición de componente del organismo, y mostrar que su papel en el cambio conductual no es *sui generis*. En efecto, en la medida que el sistema nervioso participa como cualquier otro órgano en la deriva estructural ontogénica del organismo, lo que le queda de propio es la enorme ampliación del dominio de estados que hace posible en éste. *En otras palabras, el sistema nervioso es peculiar en la manera cómo amplía el dominio de las posibles epigénesis del organismo, no en el modo cómo se inserta en ellas.*

iii) Pareciera que la danza de correlaciones sensomotoras que según lo dicho caracteriza el operar del sistema nervioso como red cerrada de componentes que interactúan entre sí, no pudiera dar cuenta de la enorme riqueza conductual del ser humano. Esta dificultad surge del pensar que la complejidad conductual del ser humano está en su sistema nervioso. De hecho, si la conducta es lo que ve el observador en la circunstancia de interacciones del organismo en su medio, lo que llamamos la riqueza conductual humana por la riqueza de significado que vemos en ella (arte, literatura, ciencia, filosofía), no está en el sistema nervioso como generador de la conducta, sino en la circunstancia histórica en que se dan las correlaciones sensomotoras que este genera.

En otras palabras, dos correlaciones sensomotoras que un observador describe como iguales en dos momentos históricos distintos pueden tener significados radicalmente distintos porque son históricamente conductas distintas. El sistema nervioso hace posible una cierta variedad de correlaciones sensomotoras en un organismo determinado, pero sobre todo, hace posible su engarce en muchas circunstancias de interacciones distintas al permitir muchas y muy distintas derivas estructurales ontogénicas del organismo en circunstancias históricas cambiantes. La riqueza de la vida humana es social porque la sociedad es también parte del medio en que un organismo conserva su organización y estructura. Al sistema nervioso en su deriva estructural le

da lo mismo en qué epigénesis participa; de todos modos existe inmerso en una deriva estructural. Es al ser social al que no le da lo mismo, porque la sociedad que genera con su conducta opera recursivamente como el ámbito en que debe conservar su organización y adaptación en su epigénesis.

iv) Según todo lo dicho, el problema ya no es comprender la organización del sistema nervioso. Este es una red cerrada de componentes que interactúan entre sí. El problema ahora es, concretamente, comprender la estructura de esta red como un sistema cerrado que genera cambios de relaciones de actividad en una danza completamente interna que desde afuera aparece como correlaciones sensomotoras. Mucho ya hay hecho, por supuesto, particularmente en el dominio de la postura y movimientos oculares. Hay mucho más que hacer aún, sobre todo en el dominio del acoplamiento estructural del sistema nervioso a través de sus interacciones ortogonales a su dominio de estados. En este sentido los estudios de Joaquín Luco sobre los efectos tróficos abrieron un mundo.

v) Para muchos el pensar en el operar del sistema nervioso sin recurrir a la noción de representación o de captación de información será una dificultad. Esta dificultad es meramente aparente. Ningún mecánico requiere para comprender el operar de un automóvil describir su motor en función del mundo de relaciones ambientales en que éste se usa. Lo que sí él sabe es que existen dos dominios disjuntos que él relaciona: el dominio de los estados del motor, expresado como relaciones entre sus componentes, y el dominio de las interacciones del automóvil en el medio en que se usa (camino, el chofer, etc.). Si el carburador anda mal, el auto no camina bien, pero esto no es porque al carburador le falle su representación del camino. Lo mismo pasa con el sistema nervioso. Lo que hoy tenemos que hacer para comprenderlo es reconocer la existencia de dos dominios disjuntos, el de la conducta y el de los estados del sistema nervioso, y reconocer que la conexión entre los dos es ortogonal al operar de éste, y que está en el acoplamiento estructural.

vi) Otra dificultad para aceptar esta explicación general del fenómeno del aprendizaje está en que corrientemente se piensa que el aprender involucra una cierta intencionalidad, un cierto propósito. Esto porque en general, se piensa que lo central en toda conducta son sus consecuencias. Esto es un error. El propósito que vemos en las conductas no pertenece a ellas, sino a la descripción o comentario del

observador. Tal descripción es buena en la conversación, pero es engañadora en el dominio conceptual. El aprendizaje no tiene propósito, es una consecuencia del cambio estructural de los seres vivos bajo condiciones de sobrevivencia con conservación de la organización y estructura. No hay representación del medio, no hay acción sobre el medio, no hay memoria, no hay pasado ni futuro, solo presente. Pero porque hay aprendizaje (cambio estructural ontogénico en el organismo con conservación de la organización y la adaptación) hay lenguaje (ver Maturana, 1978) y descripciones en las que el pasado y el futuro surgen... y podemos equivocarnos sobre el aprendizaje.

vii) Finalmente, un comentario sobre el aprender. Lo que he dicho en este artículo, es que *el aprendizaje es un proceso que se da en el vivir, pero que no consiste en captar el mundo como la palabra aprender sugiere. El fenómeno de aprender es cambiar con el mundo, y cuando el sistema nervioso está involucrado en ello, este cambiar con el mundo aparece como un cambio conductual que se da con el cambio de las correlaciones sensomotoras que resultan del cambio estructural del sistema nervioso que sigue la deriva que conserva la organización y adaptación del organismo.*

Para ello el sistema nervioso debe estar en continuo cambio estructural, de modo que las interacciones del organismo con el medio resulten en que estos cambios sigan un curso y no otro: las interacciones del organismo con el medio seleccionan el curso de la epigénesis del sistema nervioso en que él conserva su organización y adaptación. El sistema nervioso, sin embargo, debe tener la estructura que permita, bajo muchas historias distintas de cambio ambiental, muchas epigénesis distintas que puedan llevar al mismo organismo (misma constitución inicial) a muchas ontogenias distintas con conservación de la organización y la adaptación. De aquí en último término el que la gran pregunta sobre el sistema nervioso sea ¿cuál es la estructura de esta red cerrada que sólo genera correlaciones internas y que dentro de ciertos límites admite cambios sobre cómo se realizan estas correlaciones internas si interfieren con la conservación de la organización y adaptación del organismo que integra?

Yo no tengo la respuesta en particular, pero sí creo tenerla en general.

Todo organismo existe en un medio con el cual es congruente. Tal congruencia involucra una recurrencia de estados en él que tiene que ver con la recurrencia de algunos estados del medio. Estas recurrencias

constituyen una condición que exige en el organismo una estabilidad estructural básica que defina relacionalmente una invariancia operacional en torno a la cual deben darse todos los cambios estructurales que él sufre en su necesaria dinámica estructural. Ocurre, sin embargo, que estos cambios estructurales están también acotados por relaciones con el medio. El sistema nervioso satisface estas dos condiciones con su dinámica de correlaciones internas que desde el medio se ven como correlaciones sensomotoras. Así: a) por una parte, asegura un conjunto de correlaciones sensomotoras capaces de generar las necesarias conductas recurrentes; b) asegura la posibilidad de nuevas correlaciones sensomotoras al admitir que las nuevas coincidencias de relaciones internas de actividad que surgen de los cambios estructurales de las superficies sensoriales del organismo, gatillen cambios estructurales locales y, c) asegura que estos últimos cambios resulten en que configuraciones novedosas de perturbaciones reemplacen a configuraciones antiguas de perturbaciones en el gatillado de su correlación frente a las nuevas perturbaciones ambientales, recurrentes o no. Los estudios de aprendizaje que Joaquín Luco ha hecho con las cucarachas muestran que esto es así. La cucaracha al perder sus dos patas anteriores, posee ya la posibilidad de realizar todas las correlaciones sensomotoras que un observador verá como la limpieza de la antena utilizando una de las patas de su segundo par. Su aprendizaje es la selección en su dinámica estructural de los cambios que permiten una nueva correlación de esas correlaciones sensomotoras. El sistema nervioso no está diseñado para que el organismo viva de una cierta manera, pero sí, si el sistema nervioso genera ciertas correlaciones sensomotoras, el organismo vive de una cierta manera en su dominio de acoplamiento estructural. Las cucarachas no están hechas para perder el primer par de patas y aprender a limpiarse las antenas paradas en tres. Pero sí están hechas de modo que si pierden sus dos primeras patas, pueden llegar a lo largo de su ontogenia a pararse en tres de las restantes, y limpiarse las antenas con la cuarta que queda libre. Y esto, el que esto ocurra, es el resultado de una simple deriva evolutiva en la que todos los organismos actuales pertenecemos a linajes que nunca se interrumpieron, y de los cuales resultaron los cigotos o células iniciales que han hecho posibles nuestras epigénesis particulares. Más aún, en esta deriva evolutiva el aprendizaje como fenómeno ontogénico es simple epigénesis, simple deriva estructural con conservación de la organización y adaptación de la unidad en ontogenia. El resto lo dice el observador.

REFERENCIAS

MATURANA, H.R.; VARELA, F.G. (1973). *De máquinas y seres vivos*. Editorial Universitaria, Santiago.

MATURANA, H.R. (1978). Biology of lenguaje: epistemology of reality. En: *Psychology and Biology of Lenguage and Thought*. E.Lenneberg and H. Miller. (Eds). Academic Press, New York.

MATURANA, H.R. (1980). Autopoiesis: reproducción, herencia y evolución. En *Autopoiesis, dissipative structures and spontaneous social orders*. A.A.A. Selected Symposium 55. Milan Zeleny (Ed.).

MATURANA, H.R.; VARELA, F.G. Evolution or phylogenic and ontogenic drift. En preparación.