

## *ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO Y NEUROCIENCIAS*

ALBA ELISABETH MUSTACA\*

PSICOLOGÍA EXPERIMENTAL Y APLICADA (PSEA)- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MÉDICAS.  
CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS.  
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

### Abstract

This article discusses about the importance of Skinner aim to make an independent behavior science. It presents examples of the interaction between behavior, genes, and brain. The investigation process of behavioral science involves from behavior observations to physiological experiments whose goal is a more integrative theory. In this process the only requirement is to use the scientific method. However, it is important that different areas to know and to interact between them to reach general theories.

*Key words:* experimental analysis of behavior, brain, genes, neurosciences, behavior therapy, learning, scientific method

### Resumen

Este artículo trata sobre la importancia de la interacción entre la psicología experimental y las neurociencias, aun aceptando que son dos ciencias independientes. Se presentan ejemplos recientes de la interacción entre la conducta, los genes y el cerebro. El proceso de la investigación psicológica involucra desde observaciones conductuales hasta experimentos psicofisiológicos, cuya culminación es llegar a teorías integradas y generales. Por ello carece de sentido determinar qué enfoque debe tener un investigador de la conducta o cual es el mejor, salvo la exigencia de utilizar el método científico para su estudio. De todos modos se valora la importancia de que las distintas áreas o enfoques intercambien información.

*Palabras claves:* análisis experimental de la conducta, cerebro, genes, neurociencias, terapia de la conducta, psicopatología, aprendizaje, método científico

---

*El caos es un orden por descifrar.*  
*J. Saramago (2002, p. 129)*

El análisis del comportamiento se divide en tres áreas relacionadas: a) El Análisis Ex-

perimental del Comportamiento (AEC), que se ocupa de estudiar los procesos básicos involucrados en la conducta, b) El Análisis Comportamental Aplicado (ACA), que investiga sobre las tecnologías derivadas del

---

\* Dirección: Instituto de Investigaciones Médicas- PSEA. Combatientes de Malvinas 3150. Bs. As. Argentina. E-mail: mustaca@psi.uba.ar

AEC para lograr acciones efectivas en problemas clínicos, educacionales y aplicados en general y c) El Análisis Conceptual del Comportamiento para investigaciones históricas, filosóficas, teóricas y metodológicas.

El AEC tiene sus comienzos a partir de artículos escritos por Skinner desde 1930 que se plasmaron en su libro *“La conducta de los organismos”*, en 1937, hasta nuestros días. Como dice Ardila (1998), el AEC tiene una corta historia y, junto al conductismo, su pariente más cercano, fue tal vez uno de los enfoques más controvertidos de la psicología y, paradójicamente, uno de los que más influyó en su desarrollo. En muchos medios intelectuales la “percepción social” del AEC es negativa (Ardila, 1998). Sin embargo, su principal exponente, Skinner, fue el primero de los autores más nombrados en encuestas y en el ranking de los 100 psicólogos más eminentes del siglo XX (Haggbloom, Warnick, Warnick, Jones, Yarbrough, Russell, Borecky, McGahhey, Powell III, Beavers y Monte, 2002). Un análisis objetivo, desprejuiciado y profundo de la psicología actual no puede negar que el legado del AEC y de sus antecesores (ej. Watson, Sechenov, Pavlov, Thordnike, Darwin, etc.) están casi siempre presentes tanto en la psicología como en las llamadas “neurociencias” y en la tecnología derivada de ellas. Gracias a las contribuciones y discusiones que generó el AEC, se propusieron respuestas basadas en procesos sencillos a problemas fundamentales y complejos de nuestra disciplina, tales como la autoconciencia, el lenguaje, el pensamiento, la ética, etc. El AEC encontró una manera objetiva, epistemológicamente clara y parsimoniosa

de encarar los fenómenos psicológicos más complejos. Al proponer hacer una psicología observable, dejando de lado cualquier inferencia o suposición, constituyó un enorme avance al establecer relaciones cuantitativas estables y matemáticamente predecibles entre las variables del medio ambiente y la conducta (Valencia, 2001). Solamente con la creación de la “caja de Skinner”, el descubrimiento de la operante libre y su forma de medirla mediante el registro acumulativo, con la siguiente descripción de los programas de reforzamiento, se abrió un abanico infinito de posibilidades para el estudio de la conducta animal y humana, simple y compleja. Harzem (2000) hizo inteligente analogía al considerar que estos descubrimientos tuvieron un efecto para la investigación del comportamiento similar al que produjo la aparición del microscopio para las ciencias médicas. Es curioso que los críticos de la AEC no hayan reparado en la importancia de esos instrumentos y descubrimientos. Algunos investigadores que utilizan cotidianamente las herramientas aportadas por el AEC y el conductismo han afirmado que esos enfoques produjeron un retraso en el estudio de las bases neurales de la conducta al proponer hacer una ciencia del comportamiento independiente, con explicaciones basadas en las contingencias ambientales y sus respuestas, sin hacer inferencias sobre qué pasa en el cerebro (ej. Kandel, 1998). En este artículo me propongo dar solamente algunos pocos ejemplos sobre el ensamble que se realiza entre la psicología experimental, en su más amplia concepción, con las neurociencias, haciendo previamente una breve mención a una discutida afirmación de Skinner.

## LA CONDUCTA Y EL SISTEMA NERVIOSO

Este es el título del capítulo 12 del clásico libro *“La conducta de los organismos”* de Skinner (1938) que sin duda colaboró para desencadenar un conjunto infinito de comentarios, críticas y malas interpretaciones. En él sostiene que para establecer las bases neurológicas de la conducta se necesita previamente una descripción rigurosa a nivel conductual. Más adelante afirma que “no sólo una ciencia de la conducta es independiente de la neurología, sino que debe establecerse como una disciplina separada prescindiendo de si algún día se intenta un acercamiento a la neurología” (pág. 438). Aconseja que “el cultivo intenso de un solo campo debe recomendarse no sólo en su propio beneficio, sino en aras de un progreso más rápido hacia una síntesis última” (pág. 443) y enuncia algunas de las contribuciones de la AEC para la neurología en esa época. Finalmente cita a Mach quien, en 1914, expresó el mismo principio al comparar a la física con la biología: “A menudo sucede que el desarrollo de dos diferentes campos de la ciencia corre paralelo durante largos períodos sin que ninguno ejerza influencia sobre otro. En ocasiones pueden llegar a aproximarse mucho, cuando se advierte que las doctrinas de una de ellas arrojan una luz inesperada sobre las doctrinas de la otra. En este caso puede incluso manifestarse la tendencia natural que permita que el campo de ésta llegue a quedar completamente absorbido por el campo de aquélla. Pero el período de esperanza ilimitada, el período de superestimación de esta relación que se supone que lo explica todo, va seguido rápidamente por un período de desilusión, cuando los dos campos en

cuestión se separan una vez más y cada uno persigue sus propios objetivos, planteando sus propias cuestiones especiales y aplicando sus propios métodos”. Sin embargo, “la relación temporal entre ellas ocasiona una transformación de nuestras concepciones, clarificándolas y permitiendo su aplicación sobre un campo más amplio que aquel para el que se formaron originalmente” (pág. 447). Estas afirmaciones contienen conceptos, que, aunque superficialmente parecen semejantes, son opuestas a lo dicho por Freud en una de sus conferencias de *Introducción al psicoanálisis* en 1929, cuando afirmó que el psicoanálisis “debe disociarse de toda preconcepción extraña, sea anatómica, química o fisiológica, y debe trabajar exclusivamente con concepciones de un orden exclusivamente psicológico” (citado por Bunge, 1987, pág. 205). La distinción está en que, mientras Skinner propone establecer leyes conductuales para que luego se puedan explorar cuales son sus bases neuroanatómicas, Freud opina que el psicoanálisis debe permanecer aislado del resto de las ciencias de la conducta. Los hallazgos actuales sobre las bases biológicas de la conducta muestran que tal vez Skinner tuvo razón al insistir en hacer en su momento un programa de investigación conductual independiente de otras ciencias. El establecimiento de leyes que relacionan la conducta con el ambiente, lejos de entorpecer el estudio del sistema nervioso, parece haber colaborado ampliamente a su desarrollo. El AEC puso a disposición de las neurociencias herramientas válidas para buscar las correspondencias entre la conducta y sus bases neurofisiológicas. Por otro lado, las otras aproximaciones de la psicología experimental que se aventuraron a explicar las relaciones funcionales mediante un nexo

explicativo utilizando variables intervinientes, ayudaron a orientar a los neurobiólogos para hacerlas evidentes mediante experimentos neurofisiológicos.

### GENES, CONDUCTA Y CEREBRO

Las combinaciones de genes y sus productos proteicos son determinantes del patrón de las conexiones entre las neuronas del cerebro y su funcionamiento, por lo que ejercen un significativo control sobre el comportamiento. Sin embargo, también el comportamiento y, por extensión, la cultura, ejerce influencia sobre los genes al tener dos funciones principales. Por un lado, una *función patrón* que sirve como patrón estable, se replican confiablemente y se regulan por mutaciones. Por otro lado, una *función transcripcional* que determina la estructura, función y otras características biológicas de las células en las que se expresan. Esta función se caracteriza porque se regula por factores del desarrollo, del aprendizaje, de la interacción social y del medio ambiente externo en general, denominada *regulación epigenética*. En cada célula del cuerpo se expresa en un momento determinado entre el 10 y el 20% del total de los genes. Esta fracción del genotipo determina el *fenotipo* de cada célula. La regulación de la expresión de genes por factores externos permite que todas las funciones corporales, incluyendo las del cerebro, puedan recibir influencias sociales, las que serán biológicamente incorporadas en la expresión modificada de genes específicos. Mientras que la función patrón garantiza generaciones con copias fieles de cada gen, la función transcripcional no incorpora en las gametas los cambios en la expresión de los genes

producidos por el aprendizaje y la interacción social. Por lo tanto esas modificaciones no se transmiten genéticamente de una generación a otra, pero sí pueden hacerlo de manera cultural. De todo esto se deduce que el aprendizaje puede producir alteraciones en la expresión de genes (Kandel, 1998, Freidín y Mustaca, 2001).

Los estudios conductuales evidenciaron indirectamente la contribución del ambiente y de la herencia en los patrones de respuesta. Para ello se utilizan los métodos de *cruzamiento de nodrizas* y de *cruzamiento recíproco*. Por ejemplo, Hall (1951) y Broadhurst (1960), en sus esfuerzos para aclarar el papel de la herencia en las reacciones de miedo, midieron la tasa de defecación de las ratas en un campo abierto y aparearon machos y hembras con tasa alta (altamente reactivas o emotivas) y otras con tasas bajas (poco reactivas o no emotivas). El procedimiento se repetía con las sucesivas generaciones. Si la respuesta en cuestión, en este caso la tasa de defecación, estuviera determinada por la herencia, se debería encontrar una divergencia entre las dos cepas de ratas y en otras características de emotividad a partir de cierta generación. Sin embargo, esto no alcanzaría para determinar la contribución genética de la respuesta, ya que pueden existir factores ambientales que controlan la conducta, como las pautas de crianza impuestas por cada madre de la camada. El método de cruzamiento de nodrizas soslaya este escollo: se separan parte de las crías de madres emotivas para que las críen madres no emotivas y viceversa. A esos dos grupos de crías se las compara con controles criadas con sus madres verdaderas. Cuando Broadhurst estudió el comportamiento adulto de esas crías criadas con madres cruzadas, la defecación resultó ser

similar a la de sus padres genéticos y no a la de la madre adoptiva, determinando así su heredabilidad. Sin embargo, con este método no se discriminan los factores dependientes del ambiente pre-natal del post-natal de las crías. Para lograrlo se usa el método de cruzamiento recíproco, en los cuales, se cruzan, en este caso, machos reactivos con hembras no reactivas y viceversa. En ambos grupos, la dotación genética de las crías es semejante, pero en una de las cruces el ambiente pre y post-natal será no emotivo y en el otro, emotivo, porque el macho no participa de la crianza de las ratas. Las diferencias de respuesta entre las crías de los cruces recíprocos se debería adjudicar a la influencia pre-natal porque el experimento anterior con cruces de nodrizas mostró que las pautas de crianza de las madres no tuvieron efecto. En ese experimento particular se encontró que no hubo diferencias en la defecación de las cruces recíprocas pero sí en la tasa de ambulación: las crías de madres no emotivas ambulaban más que las crías de madres reactivas. De estos resultados se puede inferir la contribución genética de la defecación en campo abierto e indirectamente se puede considerar que algunos aspectos de la reactividad en la emocionalidad de la rata está genéticamente determinada.

En otros estudios semejantes al anterior, se halló que las ratas que se criaban con madres que las lamían y limpiaban frecuentemente (alto cuidado maternal, ACM), tenían una mejor respuesta al estrés cuando eran adultas que aquellas que se criaban con madres que las lamían menos (bajo cuidado maternal, BCM). Estas variaciones individuales al estrés se asociaron al desarrollo de diferencias en las respuestas del eje hipotalámico, hipofisario-adrenal y comporta-

mental ante el estrés en la adultez. Los trabajos donde se entrecruzaron crías nacidas de madres con ACM criadas por madres con BCM, mostraron la importancia de las formas de crianza en esta respuesta (ej. Denenberg y Whimbey, 1963; Denenberg, 1964). A diferencia de los trabajos sobre defecación, en este caso las experiencias post-natales fueron determinantes. Sin embargo, en estos estudios puramente conductuales, teniendo en cuenta las dos funciones de los genes, existe la posibilidad de que la variabilidad en la crianza provoque una expresión de los genes reguladores de la respuesta al estrés diferenciada. Uno de los primeros trabajos que lograron relacionar las diferencias en la expresión de los genes por transmisión de una generación a otra a través de la conducta fue realizado por Francis, Diorio, Liu y Meaney (1999). Ellos exploraron la posibilidad de que las variaciones en el cuidado maternal de las crías estén asociadas al desarrollo de diferencias en las respuestas endocrinas y de comportamiento al estrés y que tales variaciones se deban a mecanismos de transmisión no-genética a través de múltiples generaciones. El estudio de Francis y col. involucró también el cruzamiento de las crías nacidas de madres ACM o con BCM y otras criadas con madres con BCM pero manipuladas por un investigador. Los autores mostraron que las variaciones en el cuidado maternal sobre el desarrollo de la reactividad al estrés están mediados por cambios en la expresión de genes específicos en regiones del cerebro que regulan las respuestas endocrinas al estrés y que ella está determinada por el tipo de cuidado maternal que recibe la cría durante la primera semana de vida y no por transmisión genética. Además, los animales criados con BCM pero manipulados durante

los primeros 7 días de nacidos respondieron al estrés en la adultez como los animales criados con ACM, lo que indicaría que la estimulación por contacto físico (manipulación, lamidas, etc.) sería la responsable de la expresión de los genes reguladores del estrés. La novedad en esta investigación respecto de los estudios previos es que se midió la expresión de un mRNA que actúa sobre los receptores neuronales de las regiones basales del cerebro que desencadenan una cascada de respuestas en el eje hipotálamico-hipofisiario adrenal, aumentando nuestro conocimiento sobre las relaciones entre genes y conducta.

## CEREBRO Y CONDUCTA

### *Estimulación cerebral y aprendizaje*

Un planteo general acerca de por qué refuerza un refuerzo fue considerar que todos ellos actúan estimulando zonas específicas del cerebro. Los trabajos seminales de Olds y Milner (1954) y resumidos por Olds (1975) usaron dos herramientas fundamentales para explorar qué partes cerebrales estaban involucradas en el placer y el dolor. Una, la creación por parte de Hess de un electrodo de aguja muy fino que se inserta en el cerebro a través del cráneo, se fija su posición y se deja allí por largos períodos. Cuando la piel se cicatriza sobre la herida se puede estudiar la actividad cerebral del animal en sus actividades y estimular áreas determinadas mediante un suave choque eléctrico. La otra herramienta que utilizaron Olds y Milner fue la caja de Skinner y los resultados obtenidos con los programas de reforzamiento. Mediante una presión de la palanca de la caja de condicionamiento (respuesta operante), la

rata se autoestimulaba áreas cerebrales en vez de recibir alimento. Olds y Milner descubrieron que la autoestimulación en partes del hipotálamo y ciertos núcleos del mesencéfalo lograba que los animales aprendieran la respuesta instrumental de manera semejante a la aplicación de los programas de reforzamiento con recompensa alimenticia y que se produjeran efectos de extinción cuando se suprimía la autoestimulación. De esto se infirió que la autoestimulación actuaba como recompensa. También se observó que ella no provocaba saciedad y que la autoestimulación de otras áreas cerebrales actuaban como supresoras de las respuestas, de manera similar a la presentación de estímulos aversivos. Siguiendo estos trabajos, se llevaron a cabo otros que trazaron verdaderos mapas cerebrales del “placer y del dolor” ya que, según qué partes del cerebro se estimulaban, provocaban un efecto de reforzamiento apetitivo o castigo. Estos estudios documentaron las vías neuroquímicas que tienen que ver con la recompensa de la estimulación cerebral. Los avances más recientes fueron publicados en *Nature* por Talwar, Xu, Hawley, Weiss, Moxon y Chapin (2002). Los autores lograron hacer un “aprendizaje virtual” desarrollando un modelo mediante el cual un experimentador puede guiar la conducta de un animal a una distancia de hasta 500 metros mediante microestimulaciones directas a centros cerebrales de señales discriminativas y refuerzos. La estimulación de la corteza somatosensorial ofrecía de estímulo discriminativo virtual y la de la parte medial del cerebro anterior, como refuerzo virtual. Impusieron contingencias comportamentales de modo que un operador podía moldear la conducta del animal para responder en tres dimensiones según en qué sitio de la corteza somato-sensorial el animal

recibía la señal que ellos llaman “instrucción”. Las ratas con las que trabajaron aprendieron a interpretar la estimulación remota de ir hacia la derecha o la izquierda, abajo o arriba, subir y escaleras, etc. Además, la estimulación que actuaba como refuerzo para la respuesta también servía para iniciar una nueva conducta. Al igual que las ratas de Olds y Milner, no se saciaban. Esto sugiere que la saciedad debe involucrar otras vías de input sensoriales y cerebrales.

### *Cerebro y aprendizaje*

El aprendizaje en principio se definió como cambios de la conducta relativamente

estables debidos al ambiente. Sin embargo, como mostré en el primer apartado, el ambiente también provoca modificaciones en la expresión de los genes. Existe un extenso campo del conocimiento que se ocupa de los cambios fisiológicos y neurales asociados al aprendizaje, extendiendo la comprensión de sus mecanismos. Para los que tenemos una concepción monista, la hipótesis de que los cambios en el comportamiento deben producir necesariamente cambios fisiológicos generales y neurales y viceversa es casi un axioma, aunque hay que evidenciarlo. En la Figura 1 está ilustrado mediante un diagrama sencillo la interacción compleja que existe entre genes, conducta, medio ambiente y química cerebral.

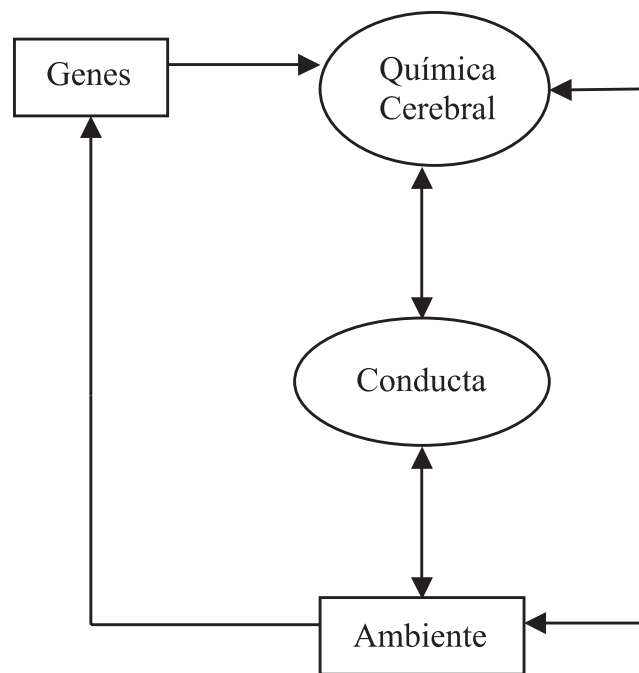


Figura 1. Sistema de retroalimentación entre la conducta, los genes y el ambiente.

Esta síntesis muestra que el comportamiento es una función de la dotación genética, del medio ambiente y de las condiciones químicas cerebrales. A la vez, la expresión de los genes está determinada por el ambiente mediante la epigénesis. En este sistema, cualquier variación en uno de los componentes produce necesariamente alguna alteración en el sistema o en al menos uno de los elementos del mismo.

Pavlov (1927), Hebb (1949) y Watson (1930), sólo para nombrar algunos, sugirieron y mostraron cambios fisiológicos asociados al aprendizaje. Más recientemente, se encontró un aumento en el metabolismo de noradrenalina cerebral en ratas privadas de agua que accedían a ella mediante un programa de reforzamiento variable (Lewy y Seiden, 1972) y ese aumento se correlacionó con el número de refuerzos pero no con la cantidad de refuerzo o palanqueo (Albert, Emmett-Oglesby y Seiden, 1977). También se halló un aumento en la tasa de síntesis de catecolaminas en poblaciones de neuronas centrales de animales entrenados (Heffner y Seiden, 1980). Heffner, Luttinger, Hartman y Seiden (1981) confirmaron los cambios en el metabolismo cerebral de las catecolaminas bajo programas de reforzamiento de razón o de intervalo, delimitando las modificaciones a la región del caudado-putamen, el hipotálamo anterior y la amígdala. El aprendizaje también influye sobre el sistema inmunológico mediado por los cambios cerebrales o/ y hormonales. Por ejemplo, se mostró la existencia del condicionamiento del sistema inmunológico (ver Mustaca, 2001, para una revisión), inmunosupresión en ratas sometidas a frustración (Mustaca, 1999) y relaciones entre emociones y sistema inmune (ver Mustaca y Bentosela, 1995 y Mustaca, 2001, para revisiones).

En un esfuerzo de probar la posibilidad de utilizar retroalimentación de los cambios neuronales en función de los cambios motores, Taylor, Tillery y Schwartz (2002) registraron la actividad neuronal de la corteza motora de los monos mientras los animales hacían movimientos reales y virtuales en una computadora que generaba un ambiente virtual de tres dimensiones. Los animales movían el cursor al comienzo desde una posición central hacia uno de ocho señales localizadas a los extremos de un cubo imaginario. Los movimientos de sus manos se representaron mediante dos esferas: una era la señal estacionaria y la otra un cursor móvil cuyo movimiento lo controlaba la mano del animal (control de mano) o por el registro de la actividad de las neuronas corticales (control cerebral). Taylor y col. estudiaron los efectos de la retroalimentación visual sobre los movimientos de la mano de los monos generado por las señales corticales en un sistema cerrado. Este sistema difiere del sistema abierto clásico en el cual el animal no recibe una retroalimentación visual. En el sistema cerrado se descubrió que, una vez que los animales lograban el aprendizaje de la tarea, los movimientos de las manos pasaban a depender de solamente de la actividad de solamente unas doce neuronas. Los autores establecieron el algoritmo del control cerebral y observaron que los animales aprendían a reconocer diferentes movimientos del cursor cerebral cada día. Luego que los animales lograban el control con la mano, se las ataban aprendiendo, entonces a mover el cursor en función de la actividad cerebral. De algún modo en este experimento se logró controlar el ambiente con el pensamiento si él se define como la acción cerebral de neuronas específicas sin intervención de los músculos.



Watanabe (1996) fue el primero quien mostró que la existencia de neuronas específicas de la corteza dorsal pre-frontal del mono se activan selectivamente ante la visión y la expectativa de obtener distintos tipos de reforzadores alimenticios una vez aprendida la tarea. Cuando el investigador cambia el tipo de reforzador durante ese intervalo entre ensayos, siguen activándose las mismas clases de neuronas durante unas 3 a 5 sesiones de cambio de los alimentos. En cambio, en la detección del valor motivacional de los reforzadores se activan diferencialmente neuronas de la base del cerebro. A partir del trabajo seminal de Watanabe, se multiplicaron los estudios sobre el papel de la corteza prefrontal y de otras áreas del cerebro en el aprendizaje y la motivación (para una revisión ver Schultz, 2001 y Miller y Cohen, 2001). Uno de los últimos estudios, mostró, usando la técnica de resonancia magnética funcional (RMf), que también en humanos se activa la corteza pre-frontal dorsal ante tareas que requieren la participación de la memoria de trabajo (tareas de “n-para atrás”) y que esa activación está en función de la dificultad de la tarea. Además se encontró que la activación de la zona ventral y medial de la misma corteza dorsolateral aumenta en función directa a la magnitud de la recompensa monetaria esperada por la tarea realizada y una desactivación de áreas relacionadas con la emoción (regiones paralímbicas) en función del aumento de la dificultad de la tarea y de la magnitud de la recompensa (Pochon, Levy, Fossatti, Poline, LeBihan y Dubois, 2002). Estos resultados, además de ratificar en humanos los hallados con primates y ratas, sugieren que los refuerzos primarios y secundarios tienen una misma base neuronal y establecen una conexión neurológica

entre los procesos cognitivos y de motivación.

### PSICOPATOLOGÍA, CEREBRO Y TERAPIA DE LA CONDUCTA

Una de las derivaciones del AEC es el extraordinario desarrollo de técnicas de modificación de conductas o terapia de la conducta (TC) llamada también terapia cognitiva conductual, aunque desde el punto de vista de la AEC dicha denominación introduce una redundancia, ya que los fenómenos cognitivos son también conductuales. No existe ninguna duda sobre los cambios comportamentales que produce la TC y es por ello su gran difusión.

Por otra parte, se está avanzando en el conocimiento de las bases neuronales de los trastornos del comportamiento. Dos de las técnicas más contemporáneas que hicieron posible observar mejor la función del sistema nervioso, son la tomografía de emisión de positrones (TEP) y la resonancia magnética nuclear y funcional (RMf) que permiten medir los cambios bioquímicos de las áreas cerebrales. En la TEP los sujetos reciben una sustancia radioactiva que toma parte en el proceso bioquímico del cerebro, en general sobre el metabolismo de la glucosa. Las moléculas radioactivas emiten una partícula llamada positrón, que afecta el pasaje de los rayos X desde una computadora que lo “escanea”. Así se puede determinar qué regiones del cerebro toman la sustancia radioactiva y se infieren los procesos bioquímicos que tienen lugar. El escaneo produce una pintura en movimiento del cerebro en un curso temporal, aún mientras los sujetos realizan tareas. En general se

acepta que las zonas que metabolizan más glucosa son las que están más activadas. La RMf es similar a la anterior pero el aparato tiene mayor resolución, permitiendo establecer con más detalle los cambios cerebrales y es menos invasivo para el sujeto porque no se requiere introducir una sustancia radioactiva, ya que se mide directamente la cantidad de oxígeno que las áreas cerebrales requieren. Con estas técnicas se hallaron diferencias en las zonas activadas por esquizofrénicos, depresivos, fóbicos y con síntomas obsesivos-compulsivos comparados con controles normales, lográndose de esta manera hacer mejores diagnósticos, establecer relaciones entre sintomatologías en apariencias dispares y confirmar explicaciones conductuales. Un ejemplo son los resultados obtenidos con pacientes que sufren anorexia nerviosa. La aproximación conductual considera que el origen y mantenimiento de este desorden tiene componentes que se pueden definir como una fobia a la comida y parte del tratamiento tiene semejanzas a una desensibilización sistemática "in vivo" (p. ej. Kleinfield, Wagner y Halme, 1996). De acuerdo con este modelo, los pacientes anoréxicos tienen consecuencias negativas por comer (incluyendo ansiedad anticipatoria y cogniciones negativas) y reforzamiento por ayunar (escape de la situación aversiva y alivio consecuente de la ansiedad). Por otra parte, Rauch, Savage y Alper (1995) mostraron que cuando a los pacientes con fobias simples se les presentaban los estímulos provocadores de miedo tenían una actividad aumentada las zonas límbicas y paralímbicas medidas con la TEP. Estas zonas están involucradas en las reacciones de miedo y ansiedad. Con estos datos, Ellison, Foong, Howard, Bullmere, Williams y Treasure (1998) postularon que

si el modelo conductual de la anorexia fuera correcto, los pacientes con ese trastorno deberían mostrar una respuesta neural similar a la que tienen los pacientes con fobias simples cuando se los enfrenta ante los estímulos que provocan miedo. Para poner a prueba su hipótesis presentaron a pacientes anoréxicos imágenes con figuras neutras alternadas con otras de sustancias con altas calorías, como chocolates, mientras medían la activación cerebral con RMf. Al igual que en los pacientes fóbicos, la visión de las comidas provocó una mayor activación de las regiones del hipocampo, la amígdala, el cíngulo anterior y la ínsula izquierda comparada con la visión de figuras neutras. En cambio, los controles normales no mostraron dicha activación. Además la activación neural ante alimentos altos en calorías correlacionó con la información que dieron los sujetos anoréxicos respecto al grado de ansiedad que le provocaba la observación de esos alimentos. Estos resultados confirman la explicación conductual de estos síntomas, sugiere que el tratamiento adecuado debería ser similar, en parte, al de las fobias simples y confirma las correlaciones existentes entre las respuestas verbales, motoras y neurales.

Otra forma de mostrar la correspondencia cerebro-conducta es estudiar los cambios cerebrales provocados por tratamientos psicológicos. Las investigaciones iniciadas por Bandura estudiaron las modificaciones que se producían en la bioquímica cerebral por los procesos cognoscitivos (ver Colotla, 1998, para una revisión). Por ejemplo, se encontró mayor adrenalina en sujetos que dudaban de poder enfrentarse eficazmente ante una tarea que les producía miedo, comparadas con controles con mayor sensación de autoeficacia. Cuando

se entrenaron a los primeros para que fortalezcan al máximo la autoeficacia percibida, desaparecieron las diferencias con los controles normales (Bandura, Taylor, Williams, Mefford y Barchas, 1985). También se mostró la participación de los opioides endógenos en la terapia de la conducta con pacientes fóbicos. Mostraron que las inyecciones de naloxona, un bloqueante de los receptores de los opioides, administradas antes del entrenamiento en desensibilización sistemática no producía cambios en la sintomatología (Egan, Carr, Hunt y Adamson, 1988). Además se hallaron niveles más altos de parámetros inmunológicos en sujetos que desarrollaban una sensación de autoeficacia para enfrentarse con situaciones de miedo (Wiedenfeld, O'Leary, Bandura, Brown, Levine y Raska, 1990).

La técnica más apropiada para reducir o eliminar trastornos obsesivos compulsivos son las de exposición y prevención de la respuesta y otras variaciones de la misma. (Ej. Ladouceur et al. 1994). Así como no hay dudas sobre la eficacia de las técnicas basadas en el condicionamiento operante para la rehabilitación del autismo (ej. Lovaas, 1975, 1977), ningún psicoterapeuta serio puede desconocer la importancia de los métodos de exposición descritos originariamente por Rachman (1976) para los trastornos obsesivos - compulsivos. Por otra parte, los estudios con psicofármacos evidenciaron que los inhibidores de la recaptación de serotonina, como la fluoxetina, provocan también una disminución de los síntomas obsesivos-compulsivos. Las investigaciones por imágenes cerebrales mostraron además que los núcleos basales del cerebro que incluyen las regiones límbicas, talámicas y corticales y en especial la zona derecha del núcleo caudado, juegan

un papel central en la mediación de los síntomas obsesivos compulsivos (Baxter, Schwartz, Guze, Bergman y Szuba, 1990). Con la integración de estos conocimientos previos, Baxter, Schwartz, Bergman, Szuba, Guze, Mazziotta, Munford y Phelps (1992) presentaron trabajos donde compararon los cambios cerebrales producidos por psicofármacos y con TC en pacientes con síntomas obsesivos-compulsivos. Usando la TEP para medir la actividad cerebral en pacientes con esos síntomas antes y después del tratamiento con fluoxetina o con exposición y prevención de la respuesta, ellos mostraron que la actividad de la parte derecha del núcleo caudado disminuyó después del tratamiento, sea conductual o con medicación, en todos los sujetos cuyo tratamiento fue exitoso y que la proporción del cambio comportamental correlacionaba con la disminución de la actividad cerebral. Además, estos cambios cerebrales se acercaron al perfil de los sujetos normales que oficiaban como controles sanos. En tanto que los pacientes que no mejoraron con ninguno de los dos tratamientos, continuaron con una actividad alta del núcleo caudado. Este trabajo fue uno de los primeros que mostraron que los tratamientos conductuales cambian las respuestas neuronales de modo semejante a los psicofármacos. La modificación de conducta es también modificación cerebral y de todo el organismo. Así, el terapeuta que habla y obtiene mejorías en el paciente estaría está produciendo necesariamente cambios en el cerebro del mismo del paciente y muy probablemente también los pacientes deben provocar cambios en el cerebro de los terapeutas. Estos resultados no indican relaciones de causa - efecto, sino correspondencia entre las modificaciones conductuales y las del

cerebro. Para establecer relaciones causales se deberían realizar otros experimentos, que muestren, por ejemplo en el caso citado, una alteración cerebral antes de la aparición de los síntomas.

### EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN DE LA CONDUCTA

La investigación del comportamiento permite una caracterización comprensiva de las propiedades de la conducta y la identificación de las variables externas que la afectan. No es sorprendente que los investiga-

dores de otras áreas de las neurociencias hayan visto las ventajas del progreso alcanzado a nivel comportamental para descubrir los mecanismos fisiológicos de la conducta, y los que trabajan en áreas de la psicología experimental y aplicada utilicen los conocimientos de las neurociencias para ampliar las posibilidades de investigación y de técnicas de modificación más apropiadas. En este punto conviene tener presente un esquema de los pasos sucesivos de la investigación en comportamiento que presento en la Figura 2, en la que introduje una modificación de la presentada por Papini (2002, pág. 452).

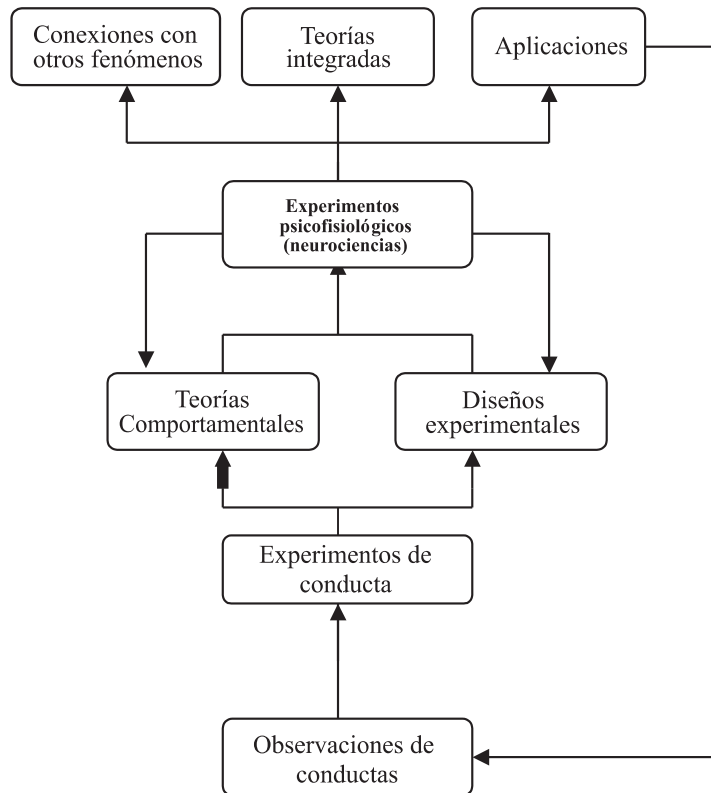


Figura 2. Proceso de la investigación del comportamiento.

Una primera etapa implica el *descubrimiento y descripción* de un fenómeno a nivel conductual, que está guiada por preguntas para establecer sus propiedades. A esto le siguen *experimentos comportamentales* que permiten identificar las propiedades del fenómeno y las variables que son importantes para su aparición, mantenimiento, desaparición y regulación general. Estos experimentos llevan al desarrollo de pruebas adecuadas, estandarizadas y *teorías comportamentales*. Estas últimas pueden tener o no variables intervinientes que actúen como guías para futuros *experimentos fisiológicos*, que a su vez enriquecen las teorías derivadas de las observaciones e investigaciones comportamentales. Finalmente, estas líneas de investigación llevan al desarrollo de *teorías más generales* que proveen un conocimiento más profundo del fenómeno, eventualmente se integran o *conectan con otros fenómenos* y son fuente de ideas para *áreas aplicadas*. Estas últimas, a su vez, pueden ser fuentes de *observaciones iniciales* del comportamiento, cerrando el apasionante espiral del proceso de investigación. Estos pasos no son ordenados, más bien transcurren por azar y necesidad, como la evolución de los organismos. Un nuevo método de medición, por ejemplo, puede desencadenar una cantidad de resultados experimentales que dan coherencia a una gama de fenómenos antes no relacionados o al desarrollo de nuevas investigaciones jamás pensada y un resultado fisiológico puede inspirar la realización de experimentos comportamentales. Por otra parte, un descubrimiento puramente comportamental puede orientar a un neurofisiólogo a la búsqueda más precisa de sus bases biológicas. Con esta visión, el valor de los experimentos comportamentales son

equivalente a los que se ocupan de sus bases bioquímicas. Ambos son necesarios a la hora de comprender los mecanismos de la conducta. Por supuesto que una teoría más general o una explicación de los mecanismos de la conducta que abarque múltiples niveles de abordaje nos dará una visión y comprensión más acabada del fenómeno en cuestión, tal como se presentó en los ejemplos de los apartados anteriores.

### CONCLUSIONES

Luego de estas reflexiones, la cuestión acerca de si el estudio de la conducta *debe* o no ser independiente de las demás neurociencias, en mi opinión, carece de sentido si es que tiene el carácter de obligatoriedad. El objetivo de las ciencias es descifrar con los modestos recursos humanos los enigmas de la naturaleza, crear un cosmos de un caos. Se sabe que el sendero es oscuro, duro y elusivo. Por lo cual sería bueno aceptar con humildad todos los enfoques, mientras que ellos respeten el método científico como el instrumento más idóneo para enfrentarse a un problema. Cualquier otro tipo de limitación entorpece el camino. En los últimos años hay un extraordinario aumento en el conocimiento de las bases neuronales y de sus bases genéticas usando tecnologías “de punta” y en algunos medios se suele devaluar y aún desalentar las investigaciones puramente comportamentales, lo que es un error. Tal como afirma Ardila (2002) “... El desarrollo de una ciencia depende de los hombres y mujeres que están dedicados a ella, y también de asuntos tan *terrenales* como la posibilidad de encontrar financiación para las investigaciones, del estatus y prestigio de esta disciplina y de su

inserción en la sociedad” (pág. 368). En el caso de la psicología, desde las investigaciones exclusivamente conductuales sin mención de variables intervinientes hasta las neurobiológicas, aportan luz a la hora de comprender la naturaleza de los fenómenos bajo estudio. Por lo cual se puede producir información relevante y original con escasos medios o poca financiación.

Sería deseable que los investigadores de las distintas áreas de las neurociencias estén informados de los descubrimientos conductuales recientes y viceversa, o se establezcan equipos interdisciplinarios para aumentar las probabilidades de crear una síntesis de las teorías de la conducta y de evitar terminologías diferentes para describir conceptos similares o de explicar fenómenos que ya han sido estudiados. En cuanto a los interesados en TC, sería apropiado que estén alertas sobre los nuevos descubrimientos de las ciencias de la conducta y de las neurociencias, ya que les pueden aportar explicaciones más amplias a problemas psicológicos conocidos que inspiren a la investigación de nuevas técnicas de abordaje.

## REFERENCIAS

- Albert, L. H., Emmett-Oglesby, M. y Seiden, L. S. (1977). Effects of schedules of reinforcement on brain catecholamine metabolism in the rat. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 6, 481-486.
- Ardila, R. (1998). El futuro del Análisis Experimental del Comportamiento. En: R. Ardila, W. López López, A. M. Perez, R. Quiñones y F. Reyes (compiladores). *Manual de Análisis Experimental del Comportamiento*. Biblioteca Nueva, Madrid, 559-567.
- Ardila, R. (2002). *La psicología en el futuro*. Ed. Pirámide. Madrid.
- Bandura, A., Taylor, C. B., Williams, S. L., Mefford, I. N. y Barchas, J. D. (1985). Catecholamine secretion as a function of perceived coping self-efficacy. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 53, 406-414.
- Baxter, L. B., Schwartz, J. M., Bergman, K. S., Szuba, M. P., Guze, B. H., Mazziotta, J. C., Munford, P y Phelps, M. E. (1992). Caudate glucose metabolic rate changes with both drug and behavior therapy for obsessive-compulsive disorder. *Archives General of Psychiatry*, 681-689.
- Baxter, L. R., Schwartz, J. M., Guze, B. H., Bergman, K. y Szuba, M. P. (1990). Neuroimaging in obsessive-compulsive disorder: seeking the mediating neuroanatomy. En: Jenike, M. A. Baer, L., Minichiello, W. E. (eds.) *Obsessive compulsive disorders: Theory and Management*. San Louis, 167-188.
- Broadhurst, P. L. (1960). Application of biometrical genetics to the inheritance of behaviour. En: *Experiments in Personality*, vol. 1, Ed. H. J. Eysenck, Londres: Routledge & Kegan Paul, 3-102.
- Bunge, M. (1987). *Vistas y entrevistas*. Buenos Aires: Ediciones Siglo Veinte.
- Colotla, V. A. (1998). Nuevos desarrollos en la farmacología del comportamiento. En: R. Ardila, W. López López, A. M. Perez, R. Quiñones y F. Reyes (compiladores). *Manual de Análisis Experimental del Comportamiento*. Biblioteca Nueva, Madrid, 421-444.
- Denenberg V. H. y Whimbey, A. E. (1963). Behavior of adult rats is modified by the experiences their mothers had as infants. *Science*, 142, 1192-1193.
- Denenberg, V. H. (1964). Critical periods, stimulus input, and emotional reactivity: a theory of infantile stimulation. *Psychological Review*, 71, 335-357.
- Egan, K. J., Carr, J. E., Hunt, D. D. y Adamson, R. (1988). Endogenous opiate system and systematic desensitization. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 56, 287-291.

- Ellison, Z., Foong, R. H., Bullmore, S. W. y Treasure, J. (1998). Functional anatomy of calorie fear in anorexia nervosa. *The Lancet*, 352, 1192.
- Francis, D., Diorio, J., Liu, D. y Meaney, M. J. (1999). Nongenomic transmission across generations of maternal behavior and stress responses in the rats. *Science*, 286, 1155-1158.
- Freidín, E. y Mustaca, A. (2001). Kandel y sus aportes teóricos a la Psicología y a la Psiquiatría. *Medicina*, 61, 898-902.
- Haggbloom, S. J., Warnick, J. E., Warnick, R., Jones, V. K., Yarbrough, G. L., Russell, T. M., Borecky, C. M., McGahhey, R., Powell III, J. B., Beavers, J. y Monte, E. (2002). The 100 Most Eminent Psychologists of the 20<sup>th</sup> Century. *Review of General Psychology*, 6, 139-152.
- Hall, C. S. (1951). The genetics of behavior. En: *Handbook of Experimental Psychology*, Ed. S.S. Stevens, Londres: Chapman y Hall. 304-329.
- Harzem, P. (2000). Towards a new behaviorism. *European Journal of Behavior Analysis*, 1, 106-114.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior*. Nueva York: Wiley.
- Heffner, T. G. y Seiden, L. S. (1980). Synthesis of catecholamines from [3H] tyrosine in brain during the performance of operant behavior. *Brain Research*, 183, 403-419.
- Heffner, T. G., Luttinger, D., Hartman, J. A. y Seiden, L. S. (1981). Regional changes in brain catecholamine turnover in the rat during performance on fixed ratio and variable interval schedules of reinforcement. *Brain Research*, 214, 215-218.
- Kandel, E. (1998). A new Intellectual framework for psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, 4, 457-469.
- Kleinfield, E. I., Wagner, S. y Halmi, K. A. (1996). Cognitive-behavior treatment of anorexia nervosa. *Psychiatry Clinic North American*, 19, 715-737.
- Ladouceur, R., Freestin, M. H., Rheaume, J., Letarte, H., Thibodeau, N., Gagnon, F. y Bujold, A. (1994, noviembre). Treatment of obsessions: A controlled study. Comunicación presentada en la reunión anual de la *Association for the advancement of Behavior Therapy*, San Diego, California.
- Lewy, A. J. y Seiden, L. S. (1972). Operant behavior changes norepinephrine in rat brain. *Science*, 175, 454-456.
- Lovaas, I. (1975). *Enseñanza de niños con trastornos del desarrollo*. Editorial Martínez Roca, Barcelona.
- Lovaas, I. (1977). *El niño autista*. Editorial Debate. Madrid.
- Miller, E. K. y Cohen, J. D. (2001). An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Mustaca, A. E. (1999). Respuestas rápidas bifásicas inmunológicas por frustración y euforia. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 31, 1, 90-110.
- Mustaca, A. E. (2001). Condicionamiento de la función inmunológica. *Suma Psicológica*.
- Mustaca, A. E. (2001). Emociones e Inmunidad. *Revista Colombiana de Psicología*, 10, 9-20.
- Mustaca, A. E. y Bentosela, M. (1995). Estados psicológicos, salud y enfermedad. *Avances en Psicología Clínica Latinoamericana*, 13, 53-57.
- Olds, J. (1975). Centros del placer en el cerebro. En: *Psicología contemporánea. Selección del Scientifican American*, Ed. Blume, Madrid, 28-34.
- Olds, J. y Milner, P. (1954). Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of the rat brain. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 47, 419-427.
- Papini, M. R. (2002). *Comparative Psychology. Evolution and Development of Behavior*. Prentice Hall, Nueva Jersey, p. 452.
- Pavlov, I. (1927). *Conditioned reflexes*. Londres: Oxford University Press.
- Pochon, J. B., Levy, R., Fossatti, P., Poline, J. B., LeBihan, D. y Dubois, B. (2002). The neural system that bridges reward and cognition in humans: An fMRI study. *PNAS*, 99, 5669-5674.

- Rachman, S. J. (1976). The modification of obsessions: a new formulation. *Behavior Research and Therapy*, 14, 437-443.
- Rauch, S. L., Savage, C. R. y Alper, M. N. (1995). A positron emission tomographic study of simple phobic symptom provocation. *Archives General Psychiatry*, 52, 20-28.
- Saramago, José (2002). *El hombre duplicado*. Ed. Alfaguara. Madrid, España. Traducción: Pilar del Río.
- Schultz, W. (2001). Multiple reward signals in the brain. *Nature Reviews*, 2, 199-207.
- Skinner, B. F. (1938). *La conducta de los organismos* (traducción castellana de Luís Flaquer) Ed. Fontanella, Barcelona. 1975.
- Talwar, S. K., Xu, S., Hawley, E. S., Weiss, S. A., Moxon, K. A. y Chapin, J. K. (2002). Rat Navigation Guided by Remote Control. *Nature*, 417, 37-38.
- Taylor, D. M., Tillery, S. I. H. y Schwartz, A. B. (2002). Direct Cortical Control of 3D Neuroprosthetic Devices. *Science*, 296, 1829-1832.
- Valencia, C. E. (2001). Neurociencias y Análisis Experimental de la Conducta: de la Psicología a las Bases neuronales de la Conducta. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Análisis y Modificación del Comportamiento (ALAMOC)*, 29-30, 3-8.
- Watanabe, M. (1996). Reward expectancy in primate prefrontal neurons. *Nature*, 382, 629-632.
- Watson, J. B. (1930). *Behaviorism*. Nueva York. W.W. Norton and Compani.
- Wiedenfeld, S. A., O'Leary, A., Bandura, A., Brown, S., Levine, S. y Raska, K. (1990). Impact of perceived self-efficacy in coping with stressors on components of the immune system. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59, 1082-1094.

*Recibido, mayo 30/2003*

*Revisión recibida, junio 13/2003*

*Aceptado, julio 1/2003*