

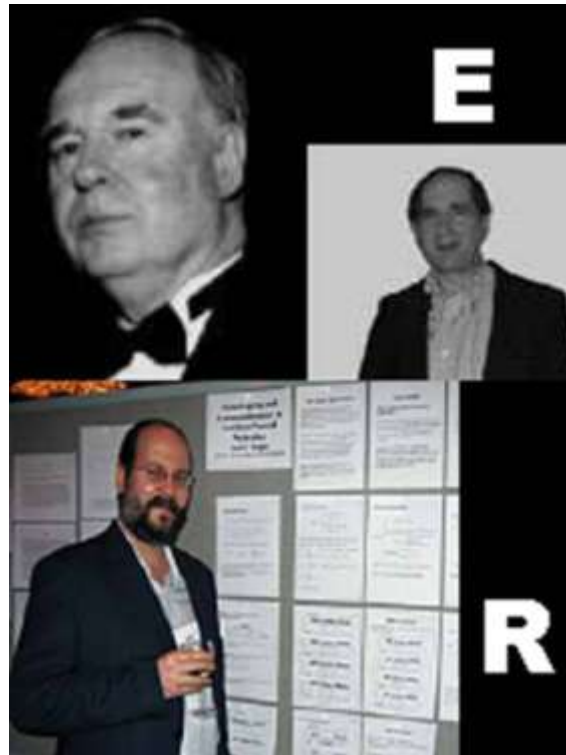
# La Cuestión Estímulo-Respuesta

Donahoe, Palmer & Burgos, 1997

---

Apuntes para un Seminario

---



Jaime Ernesto Vargas Mendoza



ASOCIACIÓN  
OAXAQUEÑA DE  
PSICOLOGÍA A.C.

La cuestión estímulo respuestas. Apuntes para un seminario.  
Vargas-Mendoza, Jaime Ernesto.  
© 2009. Asociación Oaxaqueña de Psicología A.C.  
Calzada Madero 1304, Centro, Oaxaca de Juárez, Oaxaca,  
México. C.P. 68000  
Tel. (951)5142063, (951) 5495923, Fax. (951) 5147646  
www.conductitlan.net  
E-mail: jorgeever@yahoo.com.mx, comentarios@conductitlan.net  
Se promueve la reproducción parcial o total de este documento  
citando la fuente y sin fines de lucro.

En caso de citar este documento por favor utiliza la  
siguiente referencia:

Vargas-Mendoza, J. E. (2009) La cuestión estímulo-respuesta.  
Apuntes para un seminario. México: Asociación Oaxaqueña de  
Psicología A.C.

CONTENIDO:

LA CUESTIÓN S-R : EL LUGAR QUE OCUPA EN EL ANÁLISIS  
EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTA. DONAHOE, D. C. PALMER & J. E.  
BURGOS ..... 5  
COMENTARIOS ..... 26  
ESTOY DE ACUERDO. J. A. DINSMOOR..... 26  
ALGUNAS CUESTIONES SOBRE LA UNIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE  
CONDICIONAMIENTO, LA PSICOLOGÍA ESTÍMULO-RESPUESTA Y LOS  
MODELOS DE REDES NEURALES. S. I. DWORKIN & M. N. BRANCH.... 27  
MÁS ALLÁ DEL MOMENTO: LA CONDUCTA COMPLEJA EN AMBIENTES  
TEMPORALMENTE EXTENSOS. D. G. FIELD..... 32  
CON ESTE CLIMA, SE PRONOSTICA UN CAMBIO. G. GALBICKA..... 36  
TAMBIÉN NECESITAMOS MODELOS CONDUCTUALES COMPLETOS. W. R.  
HUTCHISON..... 38  
DISEÑOS ALTERNATIVOS EN REDES NEURALES : R-S Y S(-O)-R. S.  
M. KEMP..... 44  
LA ETERNA ANTÍTESIS. J. MARR..... 47  
LAS UNIDADES DE ANÁLISIS Y EL CONTROL AMBIENTAL DE LA  
CONDUCTA. W. J. MCILVANE & W. V. DUBE..... 52

EL PAPEL DE LA MOTIVACIÓN EN LA CUESTIÓN S-R. J. MICHAEL, M. D. HIXSON & J. W. CLARK.....55

ALGUNAS IDEAS SOBRE LA CUESTIÓN S-R Y LA RELACIÓN ENTRE EL ANÁLISIS CONDUCTUAL Y LA NEUROCIENCIA CONDUCTUAL. J. MOORE.57

LA TEORÍA Y EL ANÁLISIS CONDUCTUAL. J. E. R. STADDON.....61

EL SUSTRATO BIOLÓGICO DEL CONDICIONAMIENTO OPERANTE Y LA DISTINCIÓN OPERANTE-RESPONDIENTE. L. STEIN.....63

OPTIMIZACIÓN Y CONTIGÜIDAD.W. VAUGHAN JR.....68

¿QUÉ ES LO QUE SE APRENDE? REVISANDO UN VIEJO TÓPICO. B. A. WILLIAMS.....70

RÉPLICA: LA UNIDAD PARA LA SELECCIÓN ¿QUÉ REFUERZAN LOS REFORZADORES? J. W. DONAHOE, D. C. PALMER & J. BURGOS.....76

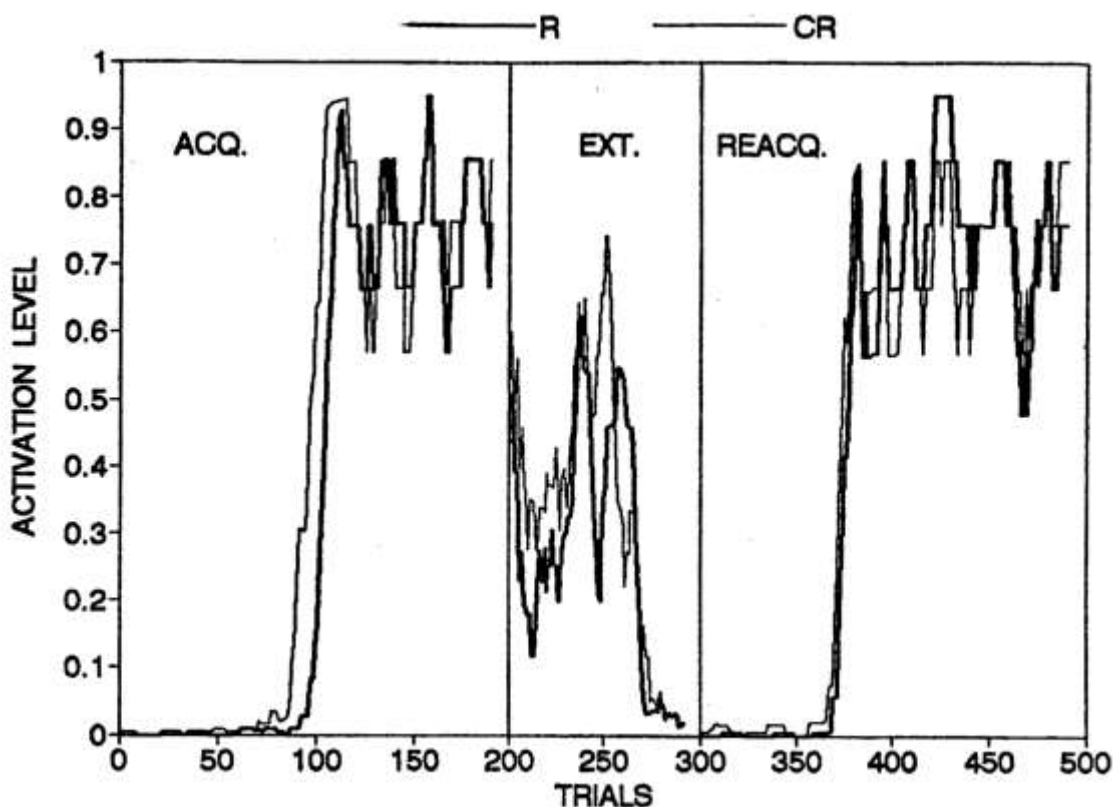
**LA CUESTIÓN S-R : EL LUGAR QUE OCUPA EN EL ANÁLISIS  
EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTA. DONAHOE, D. C. PALMER & J. E.  
BURGOS**

Journal of the Experimental Analysis of Behavior (1997)  
Vol.67

1. La revisión minuciosa de Richard Shull (1995) del libro de Donahoe y Palmer (1994) "*Larning and Complex Behaviour*" (al que nos referiremos desde ahora como LCB), fue lo que motivó este ensayo. La revisión, cuidadosamente resume los temas generales e identifica una cuestión importante (que aquí llamamos la cuestión S-R) y que en nuestro libro no se abordó directamente. Una aclaración del lugar que ocupa la cuestión S-R, resulta de importancia para el desarrollo futuro del análisis de la conducta.
2. Una parte del libro (LCB) dice: "El resultado de la selección mediante el reforzamiento es un cambio en la directriz ambiental de la conducta. Es decir, lo que se selecciona es siempre una relación ambiente-conducta, nunca una respuesta aislada" (p.68). Ante esta afirmación, Shull (1995) comenta: "A este respecto, entonces, la concepción del reforzamiento en LCB coincide con la tradición de la teoría S-R, en la que, lo que se selecciona es la habilidad de un patrón de estímulos particular, de evocar un patrón de respuesta particular" (p.353).
3. En las siguientes páginas, buscaremos demostrar no solo que el enfoque en LCB de la conducta operante y su interpretación mediante las redes neurales adaptativas, resulta consistente con la formulación del análisis de la conducta (el cual compartimos), sino que este enfoque aumenta nuestro entendimiento de lo que significa decir que las operantes son emitidas y no provocadas.
4. En lugar de apartarnos del pensamiento conductual analítico, el enfoque de que el reforzamiento selecciona relaciones ambiente-conducta, conduce a un manejo más parsimonioso del control del estímulo y del condicionamiento y representa la continuación del esfuerzo de Skinner para proporcionarnos una completa explicación momento a momento de la conducta (Skinner, 1976).

5. COMPORTÁNDOSE EN UN CONTEXTO ESTABLE.- La diferencia central entre la psicología S-R y la visión de Skinner está en la forma en que explicamos la variabilidad en la conducta. El rasgo definitorio de la psicología S-R está en que explica la variabilidad de la conducta refiriéndose a la variabilidad de sus antecedentes. Cuando ocurre una respuesta debe haber algún antecedente discreto o un conjunto de antecedentes, abiertos o encubiertos, que produzcan la respuesta. Si la respuesta varía en frecuencia, es debido a que los eventos antecedentes han variado en frecuencia. En este enfoque, siempre habrá una correlación diferente a cero entre los eventos antecedentes y la conducta. Así que, la frecuencia de la respuesta (o la frecuencia por unidad de tiempo: la tasa) no pueden servir como variable dependiente fundamental, ya que la tasa de respuesta es, al final, una función de la tasa de presentación de la estimulación.
6. En contraste, Skinner sostenía que, aún cuando no hubiera variabilidad identificable en los antecedentes, la variabilidad en la conducta permanecía legalmente manifiesta: la conducta seguía cambios ordenados debidos a sus consecuencias. De hecho, en el nivel de la observación conductual, uno puede encontrar relaciones legales entre la ocurrencia de una respuesta y las contingencias de reforzamiento, en un contexto estable. Skinner no solo aseguró el papel central del control de las consecuencias; él persuasivamente lo demostró experimentalmente. Una vez que dicho control se acepta como un hecho empírico y no solo como una preferencia teórica, la posición S-R se vuelve insostenible. Nosotros también aceptamos el control de las consecuencias como un hecho empírico y nuestras redes simulan algunos de sus efectos, sin apelar a correlaciones con cambios antecedentes del ambiente.
7. Consideremos la simulación mediante una red neuronal de la readquisición de una respuesta extinguida y que se plantea en LCB (pp. 92-95). En la primera parte de la simulación, una respuesta es seguida del reforzamiento, en la segunda fase se programa la extinción y en la tercera fase, la respuesta es nuevamente reforzada. En la simulación, la fuerza de la respuesta varía ampliamente, aún cuando el contexto permanece constante. La respuesta aumenta su fuerza durante la adquisición, se debilita durante la

extinción y luego, rápidamente aumenta de nuevo durante la readquisición, haciéndolo más rápido que en la adquisición original (vea la Figura). Más aún, los cambios en la fuerza de la respuesta no fueron monotónicos, sino que mostraron irregularidades durante las transiciones de la fuerza de la respuesta. Ninguno de estos cambios puede referirse al contexto estimulativo, que permanecía constante durante toda la simulación. De hecho, los cambios solo pueden ser interpretados al referirse a los efectos de las contingencias de reforzamiento en la red y a la historia de reforzamiento en ese contexto.



8. NIVELES DE ANÁLISIS CONDUCTUAL Y NEURAL.- ¿Cómo podemos conciliar la anterior observación con la afirmación de que "lo que selecciona es siempre una relación ambiente-conducta, nunca una respuesta aislada"? La incongruencia aparente surge de la confusión entre niveles de análisis.

Nosotros hemos intentado descubrir relaciones entre dos ciencias independientes: el análisis conductual y la neurociencia. Específicamente, hemos utilizado los mecanismos fisiológicos que hemos creído son consistentes con las leyes conductuales. La psicología S-R y el conductismo radical son dos paradigmas de la ciencia de la conducta; ninguno incluye en su visión a la fisiología subyacente. En un contexto estable, el control de las consecuencias (en oposición a los antecedentes) se mantiene como una ley conductual, aunque nosotros proponemos (en otro nivel de análisis) que el efecto de estas consecuencias se implementa con cambios en la eficacia sináptica. Por supuesto, esta idea no es nueva; Watson la pensó antes (Watson, 1924, p. 209).

9. Desde esta perspectiva, la variación en la conducta es debida a la variación de las consecuencias, aunque los eventos antecedentes son necesarios para que ocurra la conducta. Es esta última característica de nuestra propuesta la que promueve el malentendido de que estamos adoptando una psicología S-R, ya que la fuerza con que es activada una unidad operante depende (entre otras cosas) de la activación de los inputs de la red por el ambiente estimulante.
10. Así pues, argumentamos que el efecto de las consecuencias de una respuesta son influenciados por el contexto. . . Consideremos lo siguiente: En nuestra simulación de la readquisición, la respuesta gana fortaleza luego de unos pocos reforzadores, en comparación con su aprendizaje original, debido a que los efectos de algunos reforzadores previos sobre la fuerza de las conexiones dentro de la red no se habían deshecho completamente por el periodo de extinción intermedio. . . (LCB, p. 94; Kehoe, 1988).
11. (Ahora), consideremos un importante hallazgo del grupo de Stein (Stein & Belluzzi, 1988, 1989; Stein, Xue & Belluzzi, 1993, 1994) que se describe en LCB (p. 56). Se encontró que la frecuencia de disparo de una neurona puede incrementarse introduciendo un neuromodulador, como la dopamina, dentro de la sinápsis luego de una ráfaga de disparos. Estos hallazgos han sido interpretados como significativos de que los neuromoduladores incrementan la actividad de ráfagas de neuronas, de una manera análoga al



fortalecimiento de la conducta emitida, por las contingencias de reforzamiento. Se puede hacer una interpretación alternativa de estos mismos hechos, que es consistente con nuestro enfoque de que los reforzadores afectan relaciones input-output y no solo el output.

12. Estos hallazgos fueron atribuidos a la contingencia entre el estallido de la neurona postsináptica y la introducción del neuromodulador (una contingencia celular de dos términos). Semejante interpretación es consistente con los datos, pero no es la única interpretación posible. Adicionalmente, otras observaciones complican el panorama: el neuromodulador no es efectivo después de una respuesta sola, sino solo luego de una ráfaga de varios disparos. Una interpretación alternativa de estos hechos, propuesta en LCB (pp. 66-67), es que el incremento en la actividad postsináptica puede reflejar un aumento en la sensibilidad de la neurona postsináptica, ante la liberación del neurotransmisor glutamato, por parte de las neuronas presinápticas. El trabajo experimental de Frey (Frey, Huang & Kandel, 1993) ha demostrado que la dopamina actúa en conjunto con los efectos del glutamato sobre el receptor N-metil-D-aspartato (NMDA), para iniciar una cascada de segundos mensajeros, cuyo último efecto es una respuesta fortalecida de los receptores no-NMDA ante el glutamato. En este enfoque, la ineffectividad de la dopamina luego de un solo disparo, ocurre debido a que se necesita una ráfaga de disparos para despolarizar suficientemente la membrana postsináptica e involucrar al receptor NMDA que es sensitivo al voltaje. Así, el incremento en destellos observado ante la inyección de dopamina contingente a las ráfagas, refleja una respuesta fortalecida de la neurona postsináptica, respecto a la actividad presináptica (una contingencia celular de tres términos, involucrando el conjunto de actividad presináptica, postsináptica y la dopamina).
13. Por supuesto, finalmente, la interpretación de los resultados celulares es una cuestión empírica que requiere de la medida simultánea de todos los elementos de la contingencia de tres términos: eventos antecedentes (actividad presináptica), eventos subsecuentes (actividad posináptica) y consecuencias (el neuromodulador).

14. EL CARÁCTER MOMENTO A MOMENTO DE LOS PROCESOS CONDUCTUALES.- Skinner claramente estaba a favor del análisis de la conducta momento a momento (como se ve en Ferster & Skinner, 1957). Consideremos el siguiente párrafo del ensayo de Skinner "Farewell, my lovely!" (1976), en el que puntualmente se lamenta por la declinación en el uso de los registros acumulados en las páginas del JEAB: "¿Qué ha pasado con los experimentos en donde la tasa cambiaba de momento a momento, de modo interesante, donde el registro acumulativo nos decía más de un vistazo de lo que podía describir en una página? (Estos registros) ... sugerían un grado de control extraordinario sobre un organismo individual, al tiempo que vivía su vida momento a momento... Estos cambios "moleculares" en la probabilidad de la respuesta, tienen la más inmediata relevancia para nuestra propia vida cotidiana" (p.218). El incondicional compromiso con el análisis de la conducta momento a momento tiene implicaciones profundas (no apreciadas en su completo valor) para la solución del asunto S-R, así como para otras distinciones fundamentales en el análisis conductual, incluyendo la diferencia entre el condicionamiento operante y el respondiente.
15. El control de los estímulos sobre la conducta.- En el libro LCB, un organismo es descrito como "inmerso en un continuo de estímulos ambientales sucesivos... en cuya presencia una continua sucesión de respuestas... ocurren... Cuando un estímulo (reforzante) es introducido en este flujo de eventos y es entonces... que ocurre la selección (Schoenfeld & Farmer, 1970)" (p. 49). En el momento en que ocurre el reforzamiento -a lo que casualmente Skinner se refería como "el momento de la Verdad"-, algún estímulo necesariamente precede a la respuesta reforzada, tanto en el condicionamiento diferencial como en el no diferencial.
16. "es parte de la naturaleza de la conducta operante que... los estímulos discriminativos sean prácticamente inevitables" (Skinner, 1937, p. 273; Catania & Keller, 1981, p. 163).
17. Durante el condicionamiento operante diferencial, hay un estímulo en cuya presencia una respuesta es seguida por un reforzador. Pero también ocurren secuencias ambiente-

- conducta-reforzamiento en los procedimientos no discriminativos.
18. El condicionamiento de la conducta.-...el condicionamiento respondiente y el condicionamiento operante son dos arreglos de procedimientos diferentes (contingencias), que se distinguen entre sí con respecto a los fenómenos conductuales y ambientales que resultan confiablemente contiguos con el estímulo reforzante. Pero, estas diferencias en el procedimiento no implican diferentes procesos de condicionamiento (LCB, p. 49-50).
  19. El enfoque que indica que los reforzadores seleccionan relaciones ambiente-conducta, independientemente del procedimiento y aunque varios procedimientos difieran entre sí, en el estímulo y las respuestas que probablemente estén presentes en el momento de la selección, es un enfoque consistente con aspectos centrales del pensamiento de Skinner.
  20. El compromiso con el análisis momento a momento inevitablemente nos compromete también con la afirmación de que los reforzadores seleccionan relaciones ambiente-conducta y no solo conductas.
  21. El término *Contingencia*, como convencionalmente se usa en el análisis de la conducta, se refiere a relaciones entre fenómenos que se definen luego de repetidas instancias de los fenómenos constituyentes. Describimos nuestros procedimientos experimentales en términos de la manipulación de contingencias, pero, al cambiar las contingencias, cambiamos las contigüidades. En nuestra búsqueda de las variables controladoras, hemos confundido la descripción del experimentador de las contingencias, con el contacto del organismo con las contigüidades que esas contingencias producen. Y, por supuesto, es el contacto del organismo con los fenómenos y no la descripción que hace el experimentador de ellos, lo que constituye la base para la selección que lleva a cabo el reforzador. Las 'contingencias' forman parte de un lenguaje de procedimientos; la contigüidad es el lenguaje de los procesos.
  22. La relación entre los procesos momentáneos y las regularidades molares.- Skinner estaba resueltamente comprometido con un enfoque momento a momento en el nivel conductual del análisis, aunque no estaba al tanto de que

este enfoque llevaría a reevaluar la distinción conceptual entre el condicionamiento operante y el respondiente (aunque no las diferencias cruciales entre estos procedimientos y sus resultados correspondientes). Su temprana adherencia al análisis momento a momento es evidente en su observación experimental de que, bajo circunstancias de control apropiado, aún la ocurrencia individual de una presión de palanca seguida de comida, cambia la conducta (Skinner, 1938). La discusión de Skinner del condicionamiento supersticioso nos conduce al mismo tema: relaciones momentáneas pueden producir condicionamiento (una interpretación alternativa se encuentra en Staddon & Simelhag, 1971; Timberlake & Lucas, 1985). Morse & Skinner (1957, p.308) lo expresan de la siguiente manera: "El estímulo presente cuando una respuesta es reforzada puede adquirir control discriminativo sobre la respuesta, aún cuando su presencia durante el reforzamiento sea adventicia".

23. También se ha afirmado la importancia de las relaciones temporales momentáneas por parte de estudiosos del condicionamiento respondiente. Gormezano y Kehoe (1981, p. 31), hablando desde la tradición asociacionista, nos dicen: "Una sola instancia de contigüidad entre A y B puede establecer una asociación, cuando esta contigüidad se repite, se establece una relación causa-efecto".
24. Las aproximaciones momento a momento del proceso de condicionamiento, también resultan consistentes con observaciones a nivel neuronal. Por ejemplo, el trabajo de Stein indica que el efecto reforzante del neuromodulador dopamina ocurre solo cuando se introduce en la sinápsis luego de 200 ms en la cascada de disparos en la neurona postsináptica.
25. Aún cuando los procesos de condicionamiento se inicien en relaciones momento a momento entre eventos, a veces aparecen innegables regularidades en la relación entre variables independiente y dependiente, definidas sobre periodos de tiempo más extensos (ejemplo: entre la tasa promedio de reforzamiento y la tasa promedio de respuesta; Baum, 1973; Herrnstein, 1970). ¿Cómo ubicar las regularidades molares en una ciencia cuyos procesos fundamentales operan con una base momento a momento? La respuesta de Nevin (1984, p. 431) a esta pregunta toca la

llaga del asunto: "La posibilidad de que pueda probarse que las relaciones molares provienen de o se derivan de procesos más locales, en nada disminuye su importancia, como recursos para resumir e integrar los datos". La relación conceptual entre procesos momento a momento y las regularidades molares en el análisis de la conducta, muestra un paralelismo entre la diferencia que hay entre la "selección a favor de" y la "selección de", en la ciencia seleccionista paradigmática de la biología evolutiva (Sober, 1984). Mientras las nociones de causa y efecto tengan significado en el contexto del complejo intercambio entre un organismo y su ambiente: la 'selección a favor de' describe las causas, mientras que la 'selección de' describe los efectos (Sober, 1993, p. 82). En la biología evolutiva, la selección a favor de genes que afectan la efectividad de la reproducción lleva a la selección de la conducta altruista (Hamilton, 1964). Cuando esta distinción se aplica en el análisis de la conducta, el reforzamiento hace que se fortalezcan ciertas relaciones ambiente-conducta, esto tiene el efecto, en ciertas circunstancias, de producir regularidades molares. La selección del reforzamiento a favor de relaciones momentáneas ambiente-conducta produce la selección de regularidades molares.

26. Uno puede demostrar que lo que el reforzamiento selecciona son relaciones momentáneas entre eventos ambientales y conductuales, no las regularidades molares que se encuentran en sus productos acumulativos. Esto puede hacerse disponiendo contingencias de reforzamiento que promuevan procesos momento a momento, contrarios a las regularidades molares. Bajo estas circunstancias, la variación de la conducta típicamente sigue a las relaciones momento a momento y no alas relaciones de eventos definidos sobre periodos de tiempo más extensos. Por ejemplo, con reforzadores positivos, el reforzamiento diferencial de respuestas que ocurren en momentos diferentes a partir de la respuesta anterior (el reforzamiento diferencial de tiempos entre respuestas o IRT's) cambia la tasa total de respuesta, aún cuando la tasa total de reforzamiento se mantenga igual (Platt, 1979).

27. La investigación con procedimientos respondientes ha conducido en la misma dirección: las regularidades molares son los productos acumulativos de relaciones momento a momento.
28. En resumen, la investigación con ambos procedimientos operante y respondiente cada vez muestra más que las regularidades molares son los productos acumulativos de procesos de condicionamiento momento a momento.
29. Sin embargo, se debe reconocer que no todas las regularidades molares pueden entenderse como productos de procesos moleculares (por ejemplo, la conducta mantenida por algunos programas o por demoras largas del reforzamiento; Herman, 1979; Hineline, 1981; Lattal & Gleeson, 1990; Nevin, 1969; B. Williams, 1985).
30. Las dificultades para explicar momento a momento las regularidades molares no son una peculiaridad del análisis conductual. La física continúa preocupándose con problemas mecánicos de varios cuerpos, aun cuando todos los procesos fundamentales relevantes se suponen conocidos.
31. De hecho, los dos enfoques pueden estar aun más íntimamente relacionados: En la historia evolutiva de los organismos, la selección natural pudo haber favorecido genes cuya expresión llevara a procesos momento a momento que implementaran ciertas regularidades molares como sus productos acumulativos (LCB, pp. 112-114). La selección natural a favor de ciertas regularidades molares (ejemplo: maximización, optimización, igualamiento) podrían conducir a la selección de procesos momento a momento, cuyos productos fueran la regularidad molar. De esta manera, la selección natural a favor de la regularidad molar podría llevar a la selección de procesos momentáneos. Una vez que estos procesos momento a momento fueran naturalmente seleccionados, la selección por el reforzamiento a favor de relaciones ambiente-conducta momentáneas podría, a su vez, causar la selección de regularidades molares.
32. El efecto selectivo de ambientes temporalmente extensos es el dominio de la selección natural. Los escenarios de ambientes momento a momento son el dominio de la selección por el reforzamiento.
33. INTERPRETACIONES DEL CONDICIONAMIENTO MEDIANTE REDES NEURONALES.- Finalmente llegamos a preguntarnos si las

redes neuronales pueden interpretar confiablemente los aspectos sobresalientes del control de estímulos en las operantes. Obviamente, la respuesta completa a esta pregunta se encuentra en el futuro.

No obstante, los resultados preliminares son prometedores. Aquí, nuestro interés radica, en principio, en ver si las redes "construidas a partir de conexiones elementales" y que se dice que son "análogas a las relaciones estímulo-respuesta", pueden acomodar la visión de que "la conducta operante ocurre en un contexto estimulativo, aunque con frecuencia no resulta identificable el cambio en la estimulación que precede a la ocurrencia de cada respuesta" (Shull, 1995, p. 354). Esta forma de ver a las operantes acertadamente se considera como "liberalizante", ya que promueve el estudio de contingencias de reforzamiento complejas en el laboratorio y porque libera al análisis conductual aplicado de la necesidad de identificar el estímulo controlador preciso de la conducta disfuncional, antes de implementar intervenciones de remedio. De hecho, podría decirse que son consideraciones pragmáticas las que motivan la distinción operante-respondiente, más que diferencias en principios respecto del papel del ambiente en la emisión de la conducta.

34. Esta búsqueda, mediante redes neuronales interpretando operantes, puede separarse en dos partes: La primera cuestión y la más estrecha es: ¿Las redes neuronales implementan "relaciones análogas a las estímulo-respuesta"? La segunda es: ¿Son capaces las redes neuronales de simular los efectos de las contingencias operantes no-diferenciales y diferenciales?
35. Interpretando las relaciones ambiente-conducta.- Una red neuronal consiste de (a) un dispositivo con unidades de entrada cuyos niveles de activación simulan la ocurrencia de eventos ambientales, (b) uno o mas dispositivos de unidades interiores o "escondidas" cuyos niveles de activación simulan los estados entre las neuronas, y (c) un dispositivo de unidades de salida cuya activación simula los efectores que producen eventos conductuales (Donahoe & Palmer, 1989).
36. Si una relación estímulo-respuesta denota una relación que está mediada por conexiones directas que van de las unidades de entrada a las de salida, entonces, tales

relaciones no características de una red neuronal. Aunque, una red simple que consista solo de conexiones entrada-salida (denominada como arquitectura "perceptron" por Rosenblatt, 1962) puede mediar un sorprendente rango de relaciones entrada-salida, algunas de las relaciones que caracterizan a los seres vivos van más allá de este tipo de redes (Minsky & Papert, 1969). En contraste, las redes que tienen en su interior unidades no-lineales y que simulan más cercanamente las redes de las neuronas en el sistema nervioso, son típicas de las arquitecturas de las redes neuronales modernas. Tales redes multidispositivos ya han demostrado su habilidad para mediar una cantidad importante de relaciones ambiente-conducta complejas, del tipo que se observan en los organismos vivos. De tal manera que, ni la neurociencia, ni la investigación en redes neuronales avalan formulaciones en las que el estímulo dirija a la conducta mediante conexiones directas en forma de reflejos monosinápticos. (También debemos notar que ni siquiera los teóricos del aprendizaje tradicionales, del enfoque S-R, como Guthrie, 1933; Hull, 1934, 1937; Osgood, 1953) sostienen semejante enfoque simplista).

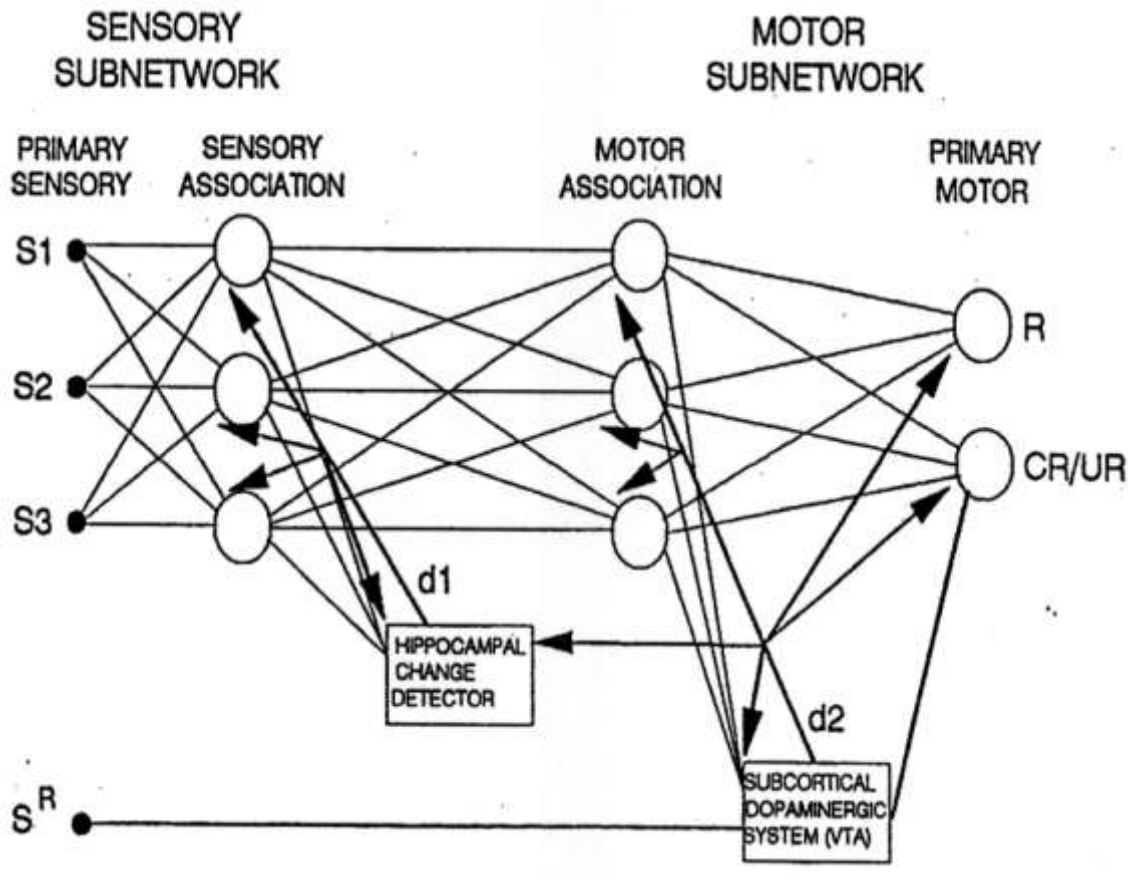
37. La investigación en redes neuronales que potencialmente interesa al análisis de la conducta está muy alejada de lo que antiguamente se llamaba la psicología S-O-R (donde la O representaba al organismo).
38. En el caso de nuestra investigación con redes neuronales, cuando las unidades de entrada son estimuladas por la ocurrencia simulada de un estímulo ambiental, las unidades interiores a las que están conectadas esas unidades de entrada, se activan probabilísticamente. Si en ese momento está presente una señal reforzante, se fortalecen las conexiones entre las unidades de entrada y todas las unidades interiores recientemente activadas, con las que se conecten. El proceso de fortalecimiento de conexiones entre unidades co-activas pre y postsinápticas se lleva a cabo simultáneamente... Los niveles de activación de las unidades decae al paso del tiempo, a menos de que sean reactivadas.
39. Las simulaciones en las que la fuerza de las conexiones cambia de momento a momento, son conocidas como simulaciones en "tiempo real", y los momentos sucesivos en



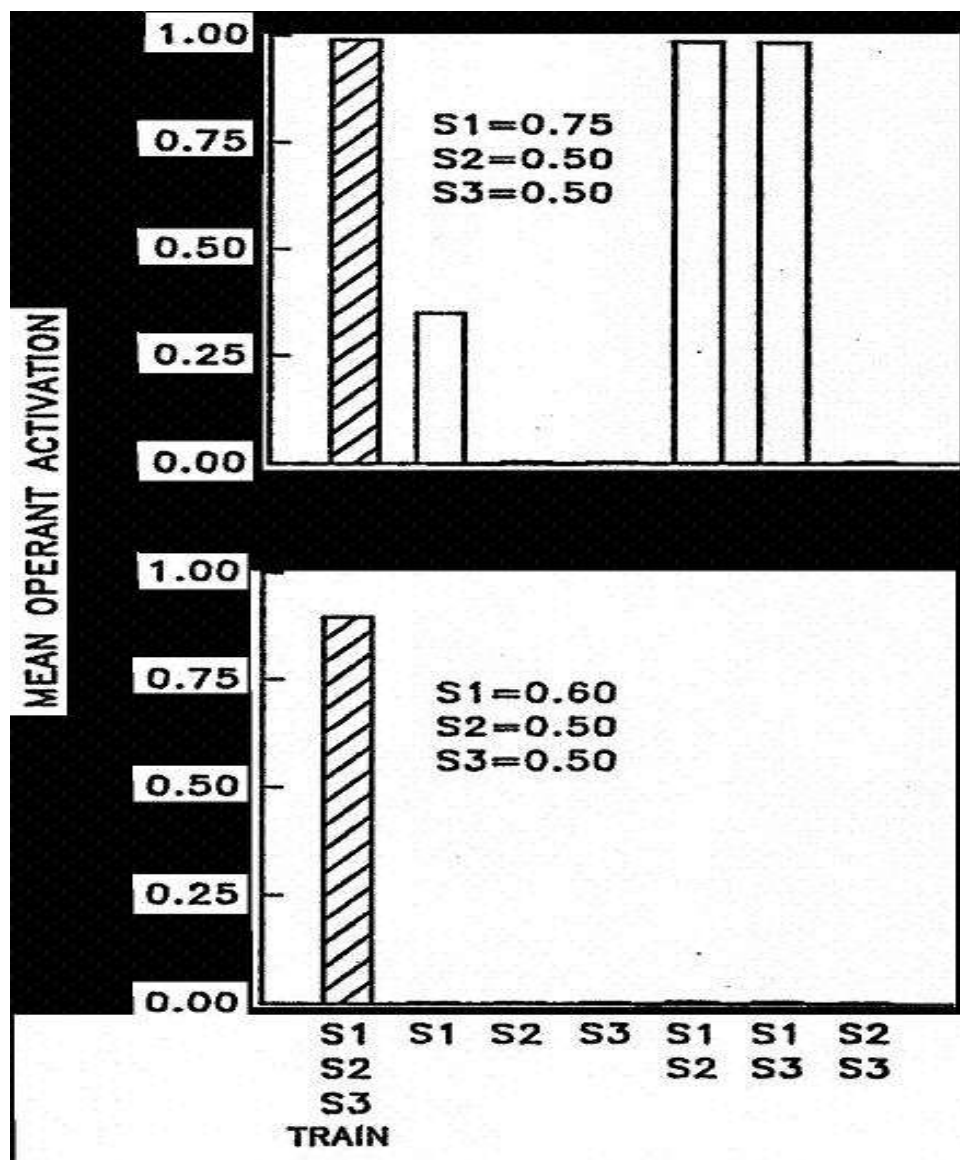
los que se cambia la fuerza de las conexiones (o se "actualizan") se denominan "pasos temporales". Dicho más generalmente, las redes neuronales simuladas en tiempo real implementan un enfoque de sistemas dinámicos, para la interpretación de la conducta (Galbicka, 1992). En una simulación llevada a cabo completamente, los procesos simulados que cambia la fuerza de las conexiones o "el peso de la conexión", así como las duraciones de los pasos temporales, están estrechamente restringidas por el análisis experimental independiente de la neurociencia y la conducta (Buonomano & Merzenich, 1995) y, al menos, son consistentes con lo que se sabe respecto a tales procesos. El dicho de Skinner (1931) acerca de que la conducta debería entenderse al nivel en el que emergieran relaciones ordenadas, se aplica con igual fuerza en el nivel neuronal. Aunque los pesos de las conexiones se actualicen con una base momento a momento, el funcionamiento de la red no puede entenderse solo con referencia al ambiente que prevalezca en el momento: El peso de las conexiones en un momento dado, es una función del total de la historia de selección, de la red, en ese punto. Las redes, como los organismos, son sistemas históricos y su comportamiento actual no puede entenderse refiriéndose solo al ambiente del momento (Staddon, 1993; Donahoe, 1993).

40. La interpretación conductual en procedimientos no-discriminativos.- Antes de describir las simulaciones computacionales que ilustran la interpretación del condicionamiento de las operantes, la visión de que algunas operantes pueden no estar influenciadas por estímulos antecedentes, necesita de una inspección más cercana. Luego de ella, se verá, que las situaciones experimentales que caen bajo la definición de procedimientos no-discriminativos, tienen implícitas contingencias de tres términos.
41. ... con frecuencia, las respuestas de observación son reforzadas diferencialmente en los procedimientos no-discriminativos, y los estímulos producidos por tales respuestas consecuentemente son más probablemente registrados antes de la respuesta reforzada. Como resultado, tales estímulos vienen a controlar la respuesta (Dinsmoor, 1985; Herrnstein & Rudolph, 1963).

42. Además de los estímulos proporcionados por el ambiente, la propia conducta de los organismos produce estímulos que están disponibles para guiar las siguientes respuestas.
43. La interpretación del contexto en situaciones de condicionamiento operante.- En la simulación de la adquisición, extinción y readquisición, en un ambiente estable, el papel del contexto podría ignorarse sin problema. Sin embargo, el control por elementos del contexto puede ocurrir y ese control puede simularse mediante redes de selección, que son el tipo de redes neuronales adaptativas propuestas en LCB. Las redes de selección son grupos de unidades de entrada, con unidades interiores que simulan neuronas en una corteza sensorial asociativa cuya fortaleza de conexión se modifica por la estimulación eferente del hipocampo, además de unidades interiores simulando neuronas en una corteza motora asociativa cuya fortaleza de conexión se modifica por la estimulación eferente ventral-tegmentaria, y conteniendo, además, unidades de salida. La siguiente Figura nos proporciona un ejemplo de la arquitectura de una red de selección simple.



44. Un contexto estable puede simularse usando una red con tres unidades de entrada (S1, S2 y S3). En la primera simulación, S1 fue activado continuamente con una fuerza de .75, simulando una característica sobresaliente del ambiente (ejemplo: la longitud de onda en una llave para pichones). S2 y S3 fueron activados continuamente con una fuerza de .50, simulando características menos sobresalientes del ambiente (ejemplo: el ruido blanco de la caja, la estimulación proveniente de la pared de la caja cercana a la llave, etc.)... Siempre que se activaba la unidad de salida que simulaba la operante, se presentaba un estímulo reforzante y todas las conexiones entre las unidades recientemente coactivas se fortalecían ligeramente.



45. Así, como se muestra en el panel superior de la Figura anterior, al final de 100 reforzadores simulados consecuentes a una activación no-cero de la unidad operante, la unidad de salida era fuerte y confiablemente activada por el contexto total en el que tenía lugar el entrenamiento (vea la barra de la izquierda). No obstante,

cuando el estímulo más sobresaliente, S1, se presentó solo y fuera de contexto, la unidad operante se activó con solo un ligero incremento arriba de .25. Como se indicó en LCB, "la relación ambiente-conducta seleccionada por el reforzador depende del contexto en el que aparecen los estímulos guía" (p. 139). Y, "un estímulo que se ha sentido y discriminado, puede fallar en guiar la conducta, cuando ocurre fuera del contexto en el que se adquirió la discriminación" (p.154). Los componentes menos salientes del contexto, S2 y S3, apenas activaron la unidad operante, ya sea que ocurrieran aislados o en combinación. Solo cuando S1 se presentaba en el contexto particular, ya sea de S2 o de S3, es que la unidad operante se activaba fuertemente, aunque no tan fuerte como en el contexto completo.

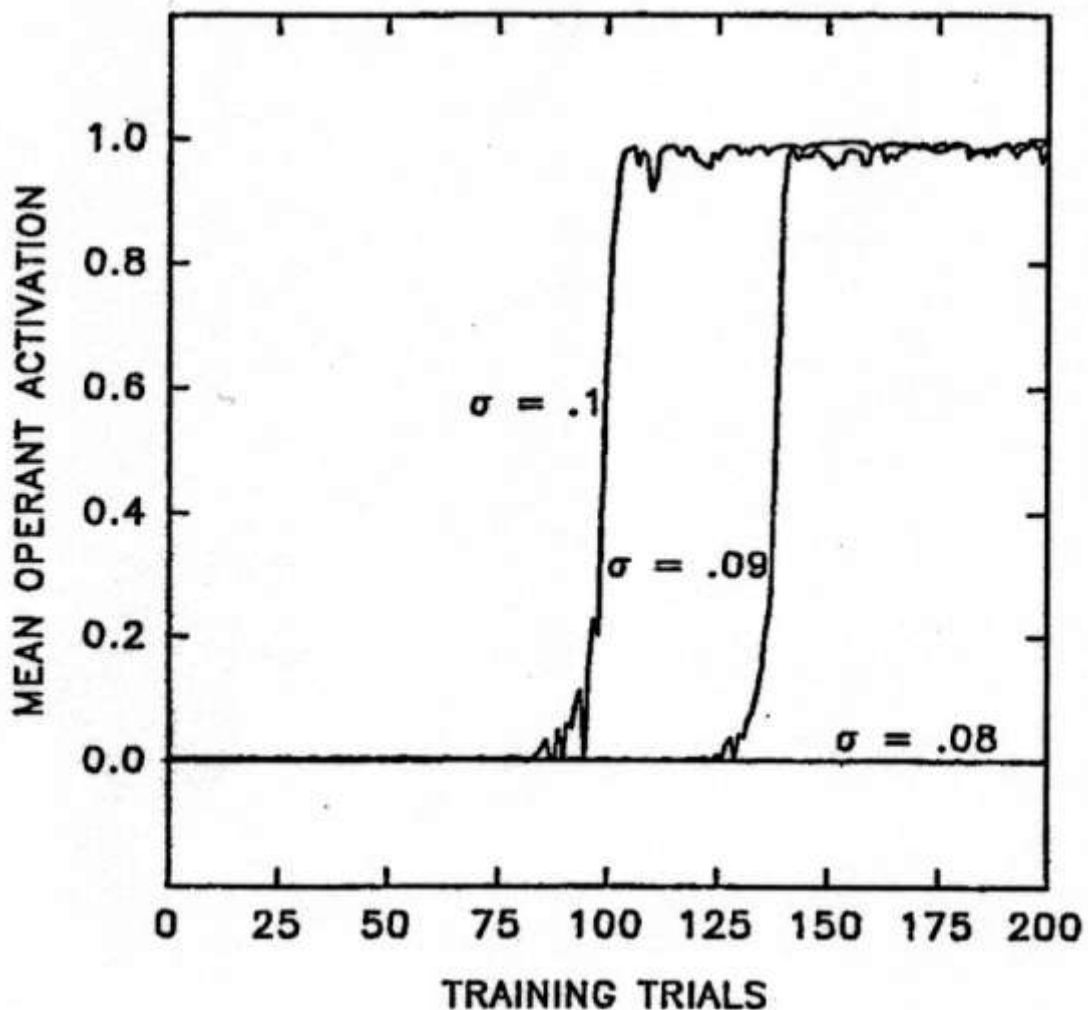
46. El panel inferior de la Figura nos muestra que el efecto del contexto puede expresarse de manera más sutil cuando ningún aspecto del contexto es especialmente sobresaliente. . En esta simulación, el componente S1 del contexto era activado en un nivel de .60 (en lugar de .75 como en la primera simulación), y los componentes S2 y S3 se activaron a un nivel de .50, como antes. Ahora bien, cuando se simularon las pruebas, la unidad operante de salida se activó apreciablemente solo ante el contexto total y no ante los componentes, ya sea aislados o en combinación.
47. Como se simuló con las redes de selección, la guía ambiental de la conducta, ya sea por un estímulo discriminativo especificado o por los componentes de un contexto variable, se describen en el libro LCB diciendo: "...Los estímulos no producen la respuesta, solo permiten que la respuesta sea emitida por el organismo" (p. 148).
48. Ya que en general la conducta no es el resultado de la activación ambiental de un grupo de conexiones invariantes y rígidas, en LCB preferimos hablar de que la conducta es "guiada" y no controlada por el ambiente.
49. Cuando se simula un procedimiento de discriminación, el estímulo controlador se restringe a aquél que de manera más confiable precede a la respuesta reforzada.
50. Interpretando los requisitos para el condicionamiento operante.- Las técnicas de simulación pueden aplicarse al problema de identificar las condiciones necesarias y

suficientes para aprender en las redes selectivas. ¿Cuáles son los efectos de los estímulos en el condicionamiento operante, en los casos de las contingencias de dos y de tres elementos? ¿Y qué papel, si lo tiene, juegan las variables internas de la red, que puedan afectar la actividad "espontánea" de las unidades?

51. Consideremos la siguiente cuestión: ¿Cuál es la línea base del nivel de activación de la unidad operante (su nivel operante), cuando se aplica un estímulo a las unidades de entrada, pero sin consecuencias para la actividad inducida en cualquier otra unidad de la red? En los organismos vivos, esta condición se realiza imperfectamente ya que la presentación de los estímulos, por sí misma, tiene efectos (habituación, sensibilización, inhibición latente), aún cuando no se programen consecuencias para la respuesta. Sin embargo, en una simulación, las unidades de entrada pueden ser estimuladas mientras los algoritmos que modifican el peso de las conexiones se desactivan. En este caso, cuando las unidades de entrada S1, S2 y S3 fueron estimuladas como en la primera simulación de condicionamiento contextual, pero sin cambiar el peso de las conexiones, el promedio de activación de la unidad de salida operante durante 200 ensayos fue solo de .09. Es decir, la estimulación no evocó actividad en la unidad operante en algún grado apreciable. Esto es, no se produjo respuesta.
52. Vayamos ahora a la cuestión: ¿Ocurre el condicionamiento si la actividad de la unidad operante es seguida por un supuesto estímulo reforzante, cuando no hay un contexto ambiental (no solo que no se mida o que no se trate de un contexto manipulado por el experimentador)? Para contestar esta pregunta, se condujo una simulación bajo circunstancias que de otra manera serían idénticas a la primera simulación, excepto que las unidades de entrada de la red no se activaban. Cualquier fuerza de conexión que fuera modificada, sería entre unidades que fueran activadas como resultado de coactividad espontánea entre las unidades interiores y la unidad operante. Bajo tales circunstancias, la activación de una unidad operante sería una 'emisión', en el sentido más puro. Esto es, su activación sería el producto solo de variables endógenas internas a la red. La simulación indicó que aún incluso

después de 1000 apareamientos operante-reforzador, usando valores idénticos para todos los otros parámetros, el condicionamiento no ocurrió. Así, en la ausencia de un ambiente, una contingencia de dos elementos respuesta-reforzador fue insuficiente para producir condicionamiento en una red selectiva o seleccionista.

53. La ineficiencia de la contingencia de dos elementos entre una unidad de salida activada y la ocurrencia de un supuesto reforzador es una consecuencia de nuestro algoritmo de aprendizaje con base biológica (Donahoe et al., 1993. p.40, Ecuación 5). El algoritmo de aprendizaje simula modificaciones en la eficacia de la sinopsis entre neuronas y se apoya en la información del análisis experimental de las condiciones que producen la potencialización de largo-término (LTP). El análisis experimental de LTP indica que la eficacia de la sinopsis aumenta cuando un neuromodulador (que ocurre como resultado del estímulo reforzante) es introducido en la sinopsis entre neuronas coactivas pre y postsinápticas (Frey et al., 1993). Bajo las condiciones de la simulación, las unidades presinápticas y la unidad de salida tendrían una probabilidad muy baja de ser espontáneamente coactivas. Sin que la estimulación actúe sobre las unidades de entrada para incrementar la probabilidad de que haya unidades coactivas, el reforzamiento simulado fue inefectivo.
54. Entonces ¿Es la contingencia de tres elementos suficiente para simular el condicionamiento en una red seleccionista? La curva en la siguiente Figura a la que designamos como  $\square = .1$  muestra la función de adquisición del primer ejemplo de condicionamiento contextual. Luego de unos 75 reforzamientos, la unidad operante de salida se mostró crecientemente activada. El parámetro  $\square$  es la desviación estándar de la función logística (vea Donahoe et al., 1993, Ecuación 4), una función no lineal respecto a la activación de la unidad postsináptica y la excitación neta desde sus entradas presinápticas. Este parámetro determina el nivel de actividad espontánea de una unidad (Las neuronas en el sistema nervioso central, típicamente tienen líneas base con frecuencias de disparos, que están substancialmente por arriba del cero, debido a eventos locales intracelulares y extracelulares).



55. Como se puede ver en las otras funciones de adquisición de la Figura, las reducciones en el nivel de actividad espontánea retardan marcadamente la adquisición simulada del condicionamiento operante. Con  $\sigma = .09$ , la adquisición no inició, sino hasta después de 125 reforzamientos. Más sorprendente aún, cuando  $\sigma$  fue .08 o menos, la adquisición no ocurrió para nada, aún después de



200 simulaciones de una contingencia de tres elementos. (El nivel de activación espontánea de unidades individuales era aproximadamente de .001 con  $\alpha = .08$ ). De tal manera que, en ausencia de actividad espontánea de unidades, incluso una contingencia de tres elementos fue insuficiente para producir condicionamiento. Desde esta perspectiva, la actividad espontánea de las neuronas no es un impedimento para el funcionamiento eficiente del sistema nervioso o para su interpretación científica mediante redes neuronales, pero es un requisito esencial para su funcionamiento y comprensión.

56. En conclusión, los efectos de la contingencia de tres elementos, junto con la actividad espontánea de las unidades, son necesarios y suficientes para la simulación del condicionamiento operante en redes seleccionistas. La interpretación del proceso seleccionista mediante redes neuronales, permite llegar a un entendimiento más profundo de lo que queremos decir cuando describimos a las operantes como "emitidas"... Dentro del rango de relaciones ambiente-conducta que convencionalmente consideramos como operantes, estas relaciones simultáneamente son guiadas por el ambiente y emitidas por el organismo.

## COMENTARIOS

### ESTOY DE ACUERDO. J. A. DINSMOOR

1. Resulta difícil o imposible escribir un comentario largo y detallado, sobre un determinado artículo con el que uno está de acuerdo casi completamente.
2. Lo que si, es que puedo agregar unas cuantas observaciones en su apoyo, basándome en datos provenientes de animales reales, bajo procedimientos tradicionales. Veamos : Parecería que cuando una respuesta es inicialmente reforzada bajo una condición de estimulación "constante" (así denominada), tal situación no produce control por parte de la estimulación antecedente. Aunque, como lo notó Pavlov, en el condicionamiento respondiente toda la cámara experimental, a diferencia del ambiente fuera de ella, se vuelve por un tiempo un estímulo condicional (1927/1960, p. 115).
3. Más aún, la adquisición de la respuesta condicional se mide frecuentemente por medio de la comparación entre la conducta del sujeto en presencia del estímulo escogido por el experimentador para asociarlo con el estímulo incondicionado y su conducta cuando dicho estímulo está ausente, es decir, por la formación de una discriminación (Dinsmoor, 1995).
4. En el condicionamiento operante, el reforzamiento inicial del picoteo a la llave, en presencia de un solo color en la llave, puede llevar a una ejecución en la que no ocurre picoteo cuando un color alternativo se presenta posteriormente. Este es el procedimiento de Terrace (1963) para la "discriminación sin error", aunque en mi laboratorio hemos obtenido el mismo efecto, sin usar la rutina experimental especial adoptada por Terrace.

**ALGUNAS CUESTIONES SOBRE LA UNIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE  
CONDICIONAMIENTO, LA PSICOLOGÍA ESTÍMULO-RESPUESTA Y LOS  
MODELOS DE REDES NEURALES. S. I. DWORKIN & M. N. BRANCH**

1. Donahoe, Palmer y Burgos nos proporcionan un punto de vista provocativo sobre los procesos de condicionamiento. Nosotros apreciamos especialmente la forma clara y completa con la que caracterizan a la ciencia de la conducta como una ciencia histórica. Parece innegable que la conducta, en cualquier momento, es el producto acumulado de la acción de procesos simples, en el transcurso del tiempo y que, consecuentemente, la conducta humana compleja sea resistente al análisis experimental. Ellos nos sugieren que los modelos de redes neuronales ejemplifican los procesos acumulativos y que pueden servir como modelos de los procesos de condicionamiento. Su artículo generó muchas preguntas en nosotros, más de las que se pueden abordar en un breve comentario. A pesar de todo, nosotros quisiéramos plantear algunas, para que Donahoe et al puedan iluminar su propuesta más claramente.
2. La primera cuestión tiene que ver con el tratamiento de los procesos de condicionamiento operante y respondiente como unificados. No queda completamente claro para nosotros qué significa exactamente el término 'unificado', como lo usa Donahoe et al. Si quiere decir que los arreglos de condicionamiento invariablemente permiten que ambos procesos funcionen, eso es una cosa. Si quieren decir que solo hay un proceso de condicionamiento, eso es otra cosa. Para nosotros, lo que actualmente se sabe, hace que nos cueste trabajo concebir a los dos procesos de condicionamiento, como manifestaciones diferentes de solo uno. Consideremos primero de qué manera las características de un estímulo incondicional (US) pueden alterar lo que sucede en una situación de condicionamiento. Ya que el condicionamiento respondiente inevitablemente puede acompañar al condicionamiento operante, permítanos examinar el caso de la operante discriminada. . Un estímulo discriminativo ( $S^D$ ) precede a una clase seleccionada, R, de acciones arbitrarias, que a su vez es seguida de un reforzador ( $S^R$ ) que también puede

considerarse que fuere un US. Experimentar esta secuencia no solo hace a R más probable de ocurrir cuando se presenta  $S^D$ , también establece al  $S^D$  como un estímulo condicional (CS) que produce una respuesta similar en forma a la UR (Eikelboom & Stewart, 1982). Por ejemplo, si el US es comida, entonces el CS ( $S^D$ ) provocará salivación. Así, suceden dos cosas: la probabilidad de R aumenta y la probabilidad de que el  $S^D$  (CS) produzca salivación también se incrementa. En contraste, consideremos lo que ocurre si el US es un shock eléctrico doloroso.

Si arreglamos la misma contingencia esperaríamos un resultado como el que normalmente consideraríamos que sería el condicionamiento respondiente, semejante a lo anterior. Esto es, que el CS ( $S^D$ ) vendría a producir una respuesta similar en forma a la provocada por el US. Resultado que sería análogo a lo que sucedió cuando el US era comida. Sin embargo, lo que sucede con la clase R, no es lo mismo. En este caso, la probabilidad de R disminuye (el proceso es conocido como castigo). Para nosotros es difícil reconciliar las diferencias en los resultados con la idea de que haya un solo proceso de condicionamiento funcionando. Conceptualizar la producción de la respondiente como representativa de un proceso de condicionamiento diferente del que altera la probabilidad de la operante, hace más fácil de entender las diferencias en los resultados. ¿De qué manera, entonces, un proceso unificado nos lo puede explicar?

3. Una segunda diferencia entre el condicionamiento operante y el respondiente debe considerarse si buscamos una explicación que unifique los procesos de condicionamiento. Tal diferencia radica en la naturaleza de las respuestas que son condicionadas. Sigue siendo verdad que no existe evidencia confiable de que las respuestas viscerales puedan condicionarse mediante métodos operantes (Dworkin & Miller, 1986), aunque haya amplia evidencia de que tales respuestas pueden participar en el condicionamiento respondiente (e.g., Mazur, 1990). No nos queda claro cómo la unificación de procesos pueda incorporar esta diferencia, por lo que fuimos a Donahoe et al por ayuda.
4. De la manera en que nosotros entendemos los modelos de redes neuronales, estas confían en la propagación retroactiva para alterar el estado de la red, aunque estos

modelos guardan silencio sobre los detalles al respecto de cómo es que emerge la propagación o sobre cómo es que esta varía. Consideremos lo siguiente. Parece que hay al menos tres formas en que los estímulos ambientales vienen a ser efectivos como consecuencias selectivas sobre acciones elegidas arbitrariamente. La primera es funcionar como reforzador antes de ser expuesto a cualquier tipo de privación o procedimiento de establecimiento. De manera que es innecesaria una historia específica del sujeto con respecto a condiciones ambientales específicas, para que estos estímulos sirvan como reforzadores. Por ejemplo, la administración intravenosa de cocaína o heroína puede reforzar la conducta antes de cualquier exposición previa a estas sustancias. Los estímulos también pueden adquirir efectos reforzantes como resultado de la privación u otras operaciones de establecimiento. Por ejemplo, el desarrollo de hábitos de consumo oral de licor (etanol) y auto-administración de cocaína, requiere cierto tipo de operación de establecimiento (e.g., inducción por programa o desvanecimiento de sucrosa), aunque la manipulación genética puede producir cadenas de ratas y monos que puedan ser más susceptibles ante los efectos reforzantes de estos compuestos (Crabbe & Belknap, 1992). Un tercer tipo de estímulo ambiental adquiere efectos reforzantes solo después de repetidas asociaciones con estímulos de los otros dos tipos y pierde su habilidad de servir como reforzador cuando resulta igualmente probable de ocurrir en ausencia como en presencia del estímulo asociado. Los estímulos de este tipo generalmente son referidos como reforzadores condicionados (Mazur, 1990). Los reforzadores efectivos no solo difieren en su origen, también pueden diferir en su eficacia. Una de las cuestiones más controvertidas en la farmacología neuroconductual reciente es el papel específico de la dopamina en los procesos conductuales relacionados con el reforzamiento. Algunos neurocientíficos han sugerido que la dopamina está relacionada con la modulación de la eficacia del reforzador, mientras otros sugieren que la dopamina se relaciona con la modulación de lo sobresaliente del estímulo sensorial. Es difícil discernir cómo es que las redes presentadas por Donahoe et al (Figura 2) pueden modelar o explicar las diferencias que acabamos de

- describir. ¿Hay alguna parte del modelo que pueda hacer tales distinciones? ¿Debería de hacerlo? ¿Cómo lo haría?
5. La mayor parte del tratado de Donahoe et al, se refiere al papel que juegan los estímulos en las explicaciones sobre el condicionamiento. Nosotros tenemos algunas pequeñas preguntas sobre lo que dicen. (a) ¿Cómo es que el enfoque propuesto por Donahoe et al se combina con la idea de que el estímulo, en un análisis conductual, se define funcionalmente (Skinner, 1935)? (b) ¿Es correcto afirmar que en un paradigma de operante libre, los efectos de la estimulación están efectivamente camuflajeados? El enfoque de las redes neurales sugerido por Donahoe et al involucra múltiples unidades de entrada, todas o algunas de ellas son activadas por el contexto condicionante, pero Donahoe et al parecieran argumentar que las unidades de entrada no deberían considerarse isomórficas respecto a las características del ambiente. Es decir, pareciera que sugieren que las unidades de entrada, ya que son modelos fisiológicos, no tienen una relación fija con aspectos del ambiente. De ser así, ¿A que es que estas unidades responden (qué las activa)? Nos hace pensar que la visión de Donahoe et al tiene mucho en común con la teoría de muestreo de estímulos (Bower & Hilgard, 1981, Cap. 8), una teoría que claramente cae en el dominio estímulo-respuesta. (c) ¿Qué implicaciones podrían tener, acerca del control del contexto, los siguientes resultados fácilmente obtenibles? Entrene a un pichón privado de comida para que pique una llave blanca mediante cualquiera de los recursos a la mano (moldeamiento, automoldeamiento, adquisición de operante libre, etc.), y una vez que ocurra el picoteo de manera estable, cambie de color de la llave a verde. El pichón detendrá el picoteo inmediatamente. De hecho, si usted logra cambiar el color de la llave justo en el momento correcto, podrá detener al pichón a medio picoteo.
6. Otro elemento de confianza que se encuentra en la presentación de Donahoe et al, es su énfasis en el análisis momento a momento de la ejecución y la importancia de las conjunciones momentáneas en el control subsecuente de la conducta. Tenemos varias preguntas para los autores en relación a este énfasis. (a) ¿Es verdad que Ferster & Skinner (1957) enfatizaron la importancia de las

conjunciones momentáneas en sus interpretaciones de la conducta controlada por programas. No obstante, después se ha podido notar por muchos investigadores (ejemplo: Jenkins, 1970; Zeiler, 1984) que los intentos por analizar la conducta controlada por programas sobre la base de lo que ocurre temporalmente cerca del reforzamiento han sido singularmente alejados del éxito. Quizá Donahoe et al nos puedan informar porqué estos intentos no han sido más fructíferos. (b) También resultaría iluminante si Donahoe et al proporcionaran una explicación del aprendizaje de evitación basada en la conjunción temporal cercana de la conducta y sus consecuencias. Esto ha sido probadamente una tarea difícil (Hineline, 1977).

7. Finalmente, tenemos tres preguntas técnicas acerca del modelo o de los modelos de redes neuronales, en general.
- (a) ¿Por qué el condicionamiento es tan lento en el modelo? Ciertamente no lo es en el laboratorio (Skinner, 1938).
- (b) ¿Qué tan consistente es el modelo con la evidencia proveniente de recientes avances en el campo de la neurociencia conductual? Las técnicas modernas de neuroimagen han probado que el número de neuronas involucradas aún en la más simple conducta operante son al menos 105. ¿Cómo es que se pueda esperar que sirva un modelo con mucho menos neuronas?
- (c) Contrariamente, ¿Qué pasa conforme se incrementa el número de unidades en cada dispositivo, en un modelo de red neuronal?

**MÁS ALLÁ DEL MOMENTO: LA CONDUCTA COMPLEJA EN AMBIENTES  
TEMPORALMENTE EXTENSOS. D. G. FIELD**

1. Los siguientes comentarios se enfocarán principalmente en el tema de las escalas de análisis y la manera en Donahoe et al construyen la relación entre el ambiente antecedente y la conducta.
2. Hay que notar que el reforzamiento fortalece "el control ambiental de la respuesta" (p. 193). Donahoe et al proponen que la conducta puede entenderse mejor como guiada por el ambiente contiguo a ella. El *Ambiente*, como ellos usan el término aquí, se refiere explícitamente y exclusivamente a la estimulación ambiental actual, el contexto antecedente momentáneo de la conducta en cuestión.
3. Aunque Donahoe et al nos proporcionan un modelo plausible de las respuestas simples en un nivel momentáneo, la generalidad de tal modelo para explicar unidades más largas de conducta, permanece incierto, al menos para mí. Su simulación de redes neuronales, como le llaman, parece estar atada a una escala molecular de tiempo. A la explicación le falta capturar lo que alguien consideraría un aspecto importante de las explicaciones analítico-conductuales, que tengan la habilidad de manejar múltiples escalas de procesos conductuales mediante un tamaño considerablemente pequeño de principios definitorios. Que el mismo principio que explica que una luz roja evoque la presión de la palanca, pueda explicar relaciones extensas conducta-ambiente como el involucrarse en una discusión o correr un maratón.
4. Patrones conductuales y unidades extensas de conducta.- Una de las contribuciones de Skinner más importantes para el desarrollo de una ciencia de la conducta fue su concepción de la tasa como dimensión fundamental de la conducta. Edificando sobre esa innovación, como el análisis conductual ha hecho, involucra intrínsecamente un análisis extendido en el tiempo, ya que no se puede derivar la tasa a partir de una sola respuesta aislada. En



- cualquier momento, la tasa puede estar presente, aún cuando sus eventos constituyentes no sean visibles.
5. Como apoyo a su postura, respecto al control ejercido por el ambiente contiguo, Donahoe et al citan a Skinner (1976) cuando se lamenta de la declinación del registro acumulativo, pero se equivocan al no considerar el aspecto del registro acumulativo que él encontró más importante: "La información adicional que se encuentra en un simple registro acumulativo, está en que por primera vez el observador puede estimar la tasa de respuestas con precisión, y comparar tasas diferentes y notar las ahora obvias aceleraciones" (Skinner, 1969, p. 9).
  6. Esto es, si se magnifica suficientemente, un registro acumulativo nos proporciona información respecto a la estimulación momento a momento relacionada con la respuesta momento a momento, pero, más importante aún, visto con una menor magnificación deja que uno observe cambios en la tasa y la manera en que estos se relacionan con los cambios en el ambiente. Luego de observar el registro acumulativo, Skinner pudo ver el desarrollo de patrones de respuesta bajo el control de aspectos relevantes del ambiente, no necesariamente contiguos. Consideremos, por ejemplo, el patrón festoneado que se adquiere y mantiene en un programa de reforzamiento de intervalo fijo. Este patrón se describe más apropiadamente como un patrón de conducta que esta bajo el control de un aspecto del ambiente temporalmente extenso (el otorgamiento periódico de alimento) y no como una respuesta evocada por situaciones de estímulo momentáneas.
  7. El ambiente temporalmente extenso.- Para Donahoe et al, la respuesta es necesariamente evocada por el ambiente justo anterior y, aunque las dimensiones temporales precisas de ese momento no se especifican, sus descripciones sugieren que es breve. De manera que, aunque ellos reconozcan la contribución del ambiente temporalmente extenso para la selección conductual (pp. 203-204), no han incorporado aún sus funciones instantáneas relevantes. Estas funciones incluyen relaciones evocativas (discriminativas) y alterantes (condicionales y motivacionales), que tienen que ver con la ocurrencia de la conducta (Glenn & Field, 1994). El tiempo es una dimensión crítica del ambiente, que está presente incluso en los más diminutos fenómenos.

La importancia de su inclusión se ve con claridad cuando uno considera qué tanto las relaciones entre características temporalmente dispersas de un ambiente extenso pueden estar funcionalmente relacionadas con la conducta. Tomemos en cuenta aquí, (a) la duración, (b) la tasa y (c) relaciones más complejas.

8. La Duración.- Las tareas de discriminación temporal con pichones (ejemplo. Fetterman, Dreyfus & Stubbs, 1989) y los estudios de condicionamiento de evitación con ratas (ejemplo: Mellitz, Hineline, Whitehouse & Laurence, 1983) han demostrado la relevancia conductual de la duración. Mellitz et al encontraron que cuando ofrecían una opción entre dos posibilidades que de otra manera eran procedimientos iguales para evitar el shock, disponibles concurrentemente, las ratas preferían la alternativa en la que era operativa una contingencia que reducía la duración de la sesión. Encontraron que la reducción en la duración de la sesión de evitación venía a controlar la elección, aún cuando las diferencias locales (momento a momento) entre las alternativas eran explícitamente dispuestas para ser indistinguibles.
9. La Tasa.- De la misma manera que la tasa de ocurrencia es una dimensión fundamental de la respuesta, es también una dimensión fundamental de los fenómenos que adquieren funciones con respecto a ella. Herrnstein y Hineline (1966) demostraron que una reducción en la tasa total de shocks eléctricos, era suficiente para generar y mantener la respuesta de evitación. La tasa ambiental también juega un papel clave en la conducta adjuntiva. Por ejemplo, la tasa de presentación de comida es la variable principal que controla la polydipsia en las ratas. Cuando la presentación de comida ocurre con una frecuencia particular (la frecuencia operativa varía entre 30 s y 80 s), la rata beberá mucho más de lo normal de su consumo diario. En estos dos ejemplo, es la relación entre eventos conductuales (presentación de comida o distribución temporal de los shoks) lo que controla la conducta y no alguna instancia momentánea específica.
10. Conducta más compleja.- Más allá de la duración y la tasa, hay otros aspectos invariantes relacionales en un ambiente extenso. Por ejemplo Shull (1995a) propuso que las contingencias y las relaciones contingentes, como las

relaciones discriminables, son "características molares del ambiente y no algo que uno pueda decir que ocurre en este o aquél momento del tiempo" (p. 145). Él continúa elaborando al decir: "Las contingencias son molares en el mismo sentido que el ritmo es una propiedad molar de la música. Uno no puede detectar el ritmo considerando solo las notas individuales, porque el término *ritmo* se refiere a un *patrón* de relaciones entre notas individuales. El patrón (el ritmo) es tanto una propiedad física de la música, como lo son las notas individuales; pero la propiedad a la que llamamos ritmo es, esencialmente molar en el sentido de que es relacional y se extiende sobre el tiempo. (p. 145). Cualquier explicación comprensiva del control ambiental de la conducta, incluyendo la de la conducta compleja, debe incluir eventualmente el control evidenciado por semejantes aspectos del ambiente, temporalmente extensos.

11. Orden en procesos y escalas múltiples.- Al enfocarse exclusivamente en "relaciones momentáneas entre eventos del ambiente y la conducta" (p. 201), Donahoe et al toman implícitamente un giro reduccionista en el que debe asumirse que finalmente, un nivel molecular particular puede explicar el orden de todos los demás niveles. Un posible tropiezo de cualquier argumento reduccionista es que la escala particular propuesta como molecular, también puede ser objeto de reducción... Entonces, yo sugiero, que en elaboraciones futuras del modelo, se incorpore una mayor flexibilidad en la transición entre escalas. Para responder con sensibilidad al orden en escalas múltiples, uno debe reconocer que los procesos en escalas más moleculares no violen las regularidades en los niveles moleculares. El orden encontrado en cualquier nivel dado no necesariamente es más predictivo o anticipa la organización en otros niveles. De hecho, los modelos de redes neuronales pueden resultar buenos para estudiar tanto procesos moleculares como molares, los que ocurren simultáneamente en el nivel neuronal (ejemplo: Wright & Liley, 1996).

**CON ESTE CLIMA, SE PRONOSTICA UN CAMBIO. G. GALBICKA**

1. La concepción de la operante de Skinner nunca negó el control de la estimulación antecedente... (pero) en lugar de postularla como el aspecto principal, Skinner ignoró el hecho y en su lugar se concentró en la relación confiable al otro extremo de la interacción conducta-ambiente, en la relación R - S.
2. "Un evento puede ocurrir sin que haya algún antecedente observable y aún así caer dentro del manejo adecuado de una ciencia descriptiva. No quiero decir que no haya fuerzas originadoras en la conducta espontánea, sino sencillamente, que no se localizaron en el ambiente. No las hemos visto y no necesitamos hacerlo. Este tipo de conducta, podría decirse que es *emitida* por el organismo" (Skinner, 1937, p. 20).
3. Skinner se trazaba el camino para un análisis de relaciones confiables entre la conducta y el ambiente diferentes a las relaciones con la estimulación antecedente, lo que hasta antes de ese momento, había sido un tema ignorado por los modelos de esa época. "El intento por forzar a la conducta encajonándola en una fórmula estímulo-respuesta retrasaron el tratamiento adecuado de esta gran parte del comportamiento que no caía bajo el control de la estimulación elicítante" (Skinner, 1938, p. 20).
4. Skinner adoptó la estrategia utilitaria de trabajar con una forma completamente diferente de correlaciones, aquellas entre las respuestas y sus consecuencias.
5. Las operantes y las respondientes eran perspectivas diferentes en el análisis de la conducta, no clases mutuamente excluyentes de eventos. Cuando la correlación más confiable era entre un estímulo antecedente y la respuesta, el reflejo era una respondiente. Cuando la correlación confiable era entre la respuesta y la consecuencia, el reflejo era una operante. De manera que, conceptualmente, Donahoe y Palmer (1994) coinciden en un sistema de conducta originalmente presentado en *The Behavior of Organism*, que argumentaba sobre el control de unidades de conducta mediante un mecanismo unitario, ya

- sea por la vía de la estimulación antecedente o de la consecuente.
6. La naturaleza fragmentaria de los procedimientos de condicionamiento respondiente, predisponían la confección de modelos y procesos con una dinámica de aprendizaje ensayo por ensayo (ejemplo: Rescorla & Wagner, 1972).
  7. Para Skinner, el mayor valor de la tasa de respuestas radicaba en que era un medio para visualizar el *cambio* en la conducta, como se apreciaba en el registro acumulativo.. Solo fue hasta que el uso de la tasa se combinó con la adopción de una metodología del estado estable, que el análisis de la conducta abandonó las dinámicas conductuales, a favor de modelos descriptivos cuantitativamente más confortables respecto a la conducta asintótica.
  8. Para muchos, la cuantificación de la conducta que ha acompañado la adopción de esta perspectiva, denota la madurez de una ciencia de la conducta y el referirse al desarrollo de modelos como los propuestos por Donahoe y Palmer (1994) podría considerarse como un retroceso.. Pero, como mencionan Donahoe et al, "los procesos de condicionamiento se inician en relaciones momento a momento, entre los eventos" (p. 201) y las regularidades en niveles más globales de análisis, no quedan invalidadas por el desarrollo de un modelo local.
  9. "Un modelo de conducta completo, ultimadamente, debe ser capaz de explicar el cambio conductual que es producto tanto de los cambios en las tasas totales de reforzamiento, como en relaciones más locales, como las que se manejan en los programas de percentiles" (Galbicka et al., 1993, p. 182).
  10. El análisis conductual ha estado funcionando como los reportes del clima. Hemos implementado programas de reforzamiento y descrito las tasas y patrones de respuesta resultantes, prestando menos atención a los factores que generan ese clima conductual. Donahoe et al, junto con muchos otros, quisieran empezar a encargarse del cambio conductual con una precisión mayor a la simple relación ordinal que permiten las definiciones actuales del reforzamiento y el castigo.

**TAMBIÉN NECESITAMOS MODELOS CONDUCTUALES COMPLETOS. W. R. HUTCHISON**

1. Me complace mucho que Donahoe, Palmer y Burgos ingresen en esta importante discusión, con un documento claro y coherente. Me parece que afirmar que lo que siempre se aprende son relaciones ambiente-conducta es un argumento del que no se puede uno evadir. Mi propio modelo computarizado de la conducta operante está construido sobre las mismas suposiciones (Hutchison, 1997) y la gran cantidad de simulaciones que he llevado a cabo, apoyan todas sus afirmaciones respecto a que un modelo sencillo puede producir condicionamiento discriminativo y no discriminativo, en una amplia variedad de situaciones. Espero que ahora ya pueda salir del closet sin portar sobre mi pecho una marca escarlata con las letras S-R.
2. También estoy completamente de acuerdo con Donahoe et al en relación con la importancia de los modelos computarizados, como herramientas científicas. Donahoe y Palmer (1994) describen las simulaciones computarizadas como interpretaciones formales... En mi opinión, los modelos computarizados son esenciales para el progreso futuro en nuestra disciplina y estos no implican necesariamente un compromiso del conductismo radical como filosofía de la ciencia.
3. Un malentendido común es pensar que los modeladores por computadora están sustituyendo los datos de los animales reales, con datos de la computadora. Por el contrario, las simulaciones computarizadas son casi siempre analogías de casos bien conocidos de la investigación animal. Una simulación no debería considerarse como un *experimento*, ya que no produce datos nuevos, más bien, produce predicciones acerca de los datos que podrían o deberían observarse en los animales si la teoría que es evaluada es correcta.
4. Los resultados de las simulaciones están completamente determinados y son perfectamente replicables, aunque no pueden sustituir a los experimentos que involucran la conducta de organismos intactos.

5. ¿Tiene que haber elementos neuronales en los modelos conductuales? .- Yo creo que el enfoque de Donahoe et al de hacer un modelo computarizado con énfasis en la plausibilidad neuronal es un esfuerzo valioso y a la larga, esencial. Sin embargo, esto no implica que sea la manera más válida y preferida que debieran tomar otros analistas de la conducta para hacer sus modelos. Por el contrario, resulta prematuro imponer el criterio de la plausibilidad neuronal, hacerlo así forzaría a trabajar con modelos incompletos de los sistemas comportantes, lo que a su vez podría llevarnos a conclusiones erróneas.
6. Los autores sobrestiman nuestro lo que ahora sabemos sobre el cerebro... Incluso las neuronas individuales y los procesos sinápticos son extraordinariamente complejos, además de la complejidad del cerebro como sistema. Y en un sistema complejo, el alterar o componer la forma en que trabaja un simple elemento, puede cambiar drásticamente la visión de cómo es que funciona el resto del sistema.
7. Pueden hacerse modelos computarizados del comportamiento usando únicamente formulaciones conductuales como las de Rescorla & Wagner (1972) y de la economía conductual (JEAB, Vol. 64, pp. 257-431, 1995), en lugar de usar suposiciones basadas en la neurología.
8. Donahoe et al citan a Skinner (1938, p. 432) para hacer notar que nada de lo aprendido sobre la fisiología de la conducta puede contradecir las leyes conductuales válidas. Podríamos darle un tumbo a las cosas y afirmar que ningún modelo que no sea conductualmente plausible, puede ser neurológicamente plausible.
9. Debido a que ellos se restringen a sí mismos dentro de los elementos neurológicamente plausibles, el modelo de Donahoe et al (su Figura 2) es un subsistema incompleto. Un elemento faltante, obvio, es una función que relacione las inyecciones de dopamina con las ocurrencias de varios tipos de magnitudes y demoras, es decir, relaciones económicas de la conducta.
10. Debido a los datos neuronales que citan requieren de que la inyección ocurra dentro de los 200 ms, es muy difícil reconciliarlos con la temporalidad de las consecuencias en el mundo real.
11. Otro elemento faltante, que parece ser necesario, es un mecanismo para que las respuestas del sistema funcionen

- como estímulos, aún cuando las respuestas no modifiquen el ambiente de manera perceptible.
12. Los subsistemas son valiosos, pero algunas de las conclusiones de Donahoe et al, no pueden hacerse con base en un subsistema. Específicamente, aunque dos de sus conclusiones son correctas para el subsistema, son inválidas para el sistema conductual completo y, necesariamente, para los animales.
  13. ¿Están equivocados los modelos lineales? .- Los autores argumentan (p. 203) que las asociaciones directas sensorio-motrices no se encuentran en el cerebro. Sin embargo, los mecanismos de control directo evolucionaron muy tempranamente y poseen muchas ventajas: el aprendizaje es mucho más sencillo, más rápido, requiere de mucho menos recursos y generalmente muestra una generalización más robusta hacia situaciones nuevas. Los animales aprenden más rápido ante mas diversos problemas, de lo que lo hacen los modelos de redes neuronales que cuentan con dispositivos ocultos y muestran procesos de adquisición, que a mi parecer, se parecen mas a los de los modelos lineales que a los modelos con dispositivos ocultos. Otra línea de evidencia es la que demuestra el éxito del modelamiento lineal en relaciones del mundo real, que han sido extremadamente útiles (Dawes, 1979), teniendo poca necesidad de adicionar elementos no lineales. No es creíble que un proceso evolutivo permitiera que se perdiera semejante mecanismo simple y efectivo y que se impusieran dispositivos intermedios (dos en el modelo de Donahoe et al) para *todo* tipo de aprendizajes... Mucho más probable resultaría la adición de otros mecanismos para lograr un aprendizaje combinatorio, dentro de la arquitectura eficiente ya existente.
  14. Podríamos llevar nuestro escepticismo más allá y cuestionar si en un sistema adaptativo son en algo necesarias las unidades ocultas... Yo he argumentado por mucho tiempo que existen teorías en el nivel conductual que son suficientes para explicar cómo es que un sistema operante puede resolver problemas, prescindiendo de núdulos escondidos. He llevado a cabo, incluso, la simulación de dos de de estas formulaciones específicamente, antes de hacer estos comentarios. La primera simulación (Hutchison, 1977, XOR) mostró como la



estimulación producida por la respuesta, conforma una red lineal para comportarse en múltiples momentos, como lo haría una red con nódulos escondidos... La segunda simulación (Hutchison, 1997, Match) mostró otro proceso conductual con una red lineal capaz de resolver una clase más amplia de problemas no lineales como lo es el caso de la igualación a la muestra y la igualación a la muestra demorada. La formulación conductual central de esta simulación está cercanamente relacionada al concepto de Lowenkron sobre el *control conjunto* (1991), que es un caso especial de la combinación de antecedentes condicionados separadamente (Rescorla & Wagner, 1972), aceptando la equivalencia del condicionamiento respondiente y operante, como lo invocan Donahoe et al. A diferencia del subsistema pasivo de Donahoe et al, un sistema comportante no tiene que sentir dos (o mas) estímulos simultáneamente y responder instantáneamente. Puede muy bien y a veces lo hace, sentir a los estímulos en secuencia (prestándoles atención primero a uno y luego a otro) y respondiendo a ellos en forma secuencial, a veces con alguna demora. Su propia respuesta se vuelve parte del estímulo que controla las respuestas subsecuentes. Lowenkron cita como ejemplos la conducta verbal tactual y las auto-ecoicas, aunque el mismo análisis se aplica de forma general a cualquier respuesta discriminativa y de auto-repetición, así como a diversos tipos de estímulos y de arreglos experimentales.

15. Yo entrené a un organismo simulado, carente de unidades ocultas para nombrar (tacto: decir el nombre) de cuatro estímulos diferentes y luego, auto-repetir (hacer eco) del tacto si no se presentaba otro estímulo... Si el segundo estímulo es el mismo que el primero, se emite la misma respuesta con un incremento en su fuerza debido al control conjunto de los estímulos, como tacto y como auto-ecoica. Similarmente, cuando los dos estímulos son diferentes, el estímulo externo nuevo es un S-delta para la respuesta auto-ecoica, al tiempo que el estímulo producido por el tacto previo del propio sistema es un S-delta para el segundo tacto. Esta diferencia confiable en la fuerza de las transiciones siempre ocurría antes de que al sistema se le solicitara emitir la respuesta que indicara "igual" o "diferente" (a la muestra), de manera que el reforzamiento de la respuesta correcta producía un control

de estímulo efectivo en unos 100 ensayos. Cuando se introdujeron las demoras entre la presentación de los dos estímulos, el sistema se mantuvo produciendo la respuesta correcta a través de la emisión de auto-ecoicas durante la demora, tal y como asumimos que frecuentemente hacen las personas.

16. Este proceso tiene importantes ventajas sobre las soluciones que emplean unidades ocultas. El sistema puede, casi inmediatamente, discriminar las igualaciones de cualquier par de estímulos que pueda nombrar. No se necesita entrenamiento adicional, ya que el control de estímulo es una propiedad que es independiente de los estímulos particulares. Parece que este proceso sirve para explicar muchas instancias de comportamiento complejo, que de otra manera sería difícil explicar, tales como la *paridad* (Palmer, 1996).
17. Estas dos demostraciones no prueban que los nódulos combinatorios y las neuronas no existan (probablemente sí existan), pero las simulaciones ampliamente refutan la aclamada necesidad de tales elementos en el caso prototípico, XOR e incluso en el caso más complejo de la igualación a la muestra con demora.
18. ¿Es necesario el ruido espontáneo? .- El segundo punto en el que yo creo que trabajar con un subsistema ha llevado a Donahoe et al a conclusiones erróneas, radica en pensar que la actividad espontánea es una propiedad *necesaria* de las neuronas (p. 208). Al principio de mi trabajo sobre simulaciones, programé un mecanismo para inyectar ruido espontáneo dentro de mi modelo determinista, debido a que existen variaciones similares en la conducta animal y debido a que el análisis teórico mostraba que el ruido es necesario para evitar que la conducta quede atrapada en una optimización local y un patrón global sub-óptimo. Estos problemas de optimización local requieren de ruido y para un subsistema como el de Donahoe et al, se tiene que añadir externamente, como ellos concluyeron. No obstante, en un modelo completo de la conducta la variabilidad de los datos del mundo real se combinan con la variabilidad producida por diversos procesos dinámicos (¿caóticos?) del sistema ambiente-conducta, para producir una variabilidad que pareciere ruido espontáneo. Estos efectos dinámicos incluyen cambios

- ambientales provocados por la respuesta, cambios sensoriales producidos por la respuesta de orientación, control antecedente de la respuesta previa y cambios continuos en las relaciones conductuales derivados del aprendizaje (todos mencionados por Donahoe et al).
19. Por supuesto, los organismos vivos de hecho, en algunas condiciones, quedan atrapados por la optimización local, por lo que nuestro reto no está en producir modelos óptimos, sino modelos que se comporten como lo hacen los animales. Puede ocurrir algún ruido intracelular en los sistemas vivos, pero no necesariamente como ruido espontáneo de los procesos conductuales, cosa que no se ha probado y posiblemente será difícil de probar.
20. Problemas que surgen por enfatizar la plausibilidad neuronal .- De estos ejemplos, hay dos aspectos que hay que recuperar, derivados de enfatizar la plausibilidad biológica. Primero, restringe a los practicantes a trabajar con subsistemas relativamente simples, de los que se pueden derivar conclusiones falsas. Segundo, puede proporcionarnos sugerencias sobre relaciones funcionales, equivocadamente.
21. (Hay que reconocer, entonces, que) El análisis conductual no cuenta con un modelo sistémico completo, que incorpore todas las relaciones ambiente-conducta que hemos descubierto, para predecir precisamente el rango de conducta que pudiéramos observar.

**DISEÑOS ALTERNATIVOS EN REDES NEURALES : R-S Y S(-O)-R. S.  
M. KEMP**

1. Donahoe et al (1993, y también Donahoe & Palmer, 1994) se refieren a sus modelos como "seleccionistas", aunque la estructura del entramado que proponen parece seguir una lógica S-R (o para usar la terminología que ellos prefieren, una lógica S-O-R), en lugar de una lógica R-S, como podría sugerir el término *seleccionista*.
2. La cuestión S-R.- La tradición Cartesiana, que explica la conducta en términos de *autómatas*, abarca tanto el enfoque S-R como el S-O-R en el contexto de la psicología del Siglo XX, pero no así el enfoque R-S. El trabajo de Donahoe et al está muy alejado de la psicología S-R, pero es admisible una "relación a distancia" (p. 203) entre el conexionismo de las redes neurales, incluida su propia red neuronal seleccionista, y la psicología S-O-R.
3. El enfoque S-O-R implica ciertas suposiciones. Dentro de estas están: (a) quíerese o no, los estímulos son los antecedentes causales de las respuestas, (b) ciertas clase de conexiones van desde los órganos sensoriales hasta los efectores motrices, haciendo posible ésta relación causal, (c) estas conexiones difieren en eficiencia, y (d) el reforzamiento fortalece las relaciones ambiente-conducta al alterar la eficiencia de estas conexiones.
4. Tradicionalmente, los teóricos comprometidos con el enfoque S-O-R han expresado leyes conductuales en términos del control de los antecedentes. Skinner, adoptando un enfoque R-S, tiende a expresar leyes conductuales en términos del control de las consecuencias. Donahoe et al están en lo correcto cuanto apuntan que la diferencia entre estos enfoques se encuentra "en el nivel de la conducta y no en el nivel de los mecanismos biológicos" (p. 196). Pero, es igualmente claro que la propia investigación de Donahoe et al, demuestra que ahora es posible contrastar diversos enfoques explicativos, mediante modelos de redes neuronales, en el nivel de la fisiología subyacente, así como en el nivel de las leyes conductuales.
5. Donahoe et al argumentan que las leyes conductuales S-R se "implementan a partir de cambios en la eficacia de la

- sinápsis" (p. 196). Esta proclama encaja muy bien con el más puro enfoque S-O-R. Pero puede darse una visión alternativa: es posible que el control de las consecuencias, en el nivel conductual, se implemente a partir de cambios en la tasa de disparos neuronales (IVR) y no a partir de la eficiencia sináptica (LTP).
6. Las redes neuronales nos dejan investigar tanto el enfoque S-R como el S-O-R, en ambos niveles de análisis, el de la ley conductual y el del mecanismo biológico. El enfoque de Donahoe et al es R-S a nivel de la ley conductual y S-O-R en el nivel del mecanismo biológico.
  7. Confiando en las restricciones bioconductuales de la evidencia, Kemp y Eckerman (1995) han propuesto una red neuronal que resulta puramente R-S en ambos niveles. En pocas palabras, las redes neuronales conexionistas son, como manifiestan Donahoe et al, "dóciles para interpretar la conducta operante", a pesar de la analogía entre LTP y el enfoque S-R (p. 194). Las redes neuronales activacionistas, que incorporan la lógica R-S en el nivel microestructural, pueden ser mejores.
  8. Piano-Forte : una alternativa.- La potenciación de largo término es evidencia para una teoría acerca de la plasticidad neuronal producida por cambios en eficiencia sináptica. Las redes neuronales conexionistas modelan el aprendizaje simulando cambios en la eficiencia sináptica, mediante alteraciones en el peso de las conexiones. Por su parte, el reforzamiento in Vitro (Stein et al., 1993) es evidencia para una teoría acerca de la plasticidad neuronal que es causada por cambios en la tasa de disparos de las neuronas. Un nuevo tipo de red neuronal llamada red neuronal activacionista, modela esta concepción del aprendizaje al simular cambios en las tasas de disparos neuronales mediante cambios en las funciones de activación de las unidades.
  9. Kemp & Eckerman han construido una red neuronal activacionista llamada Clavier, cuyo diseño está restringido bioconductualmente por IVR y no por LTP. Clavier esta diseñada para emitir respuestas continuamente, independientemente de cualquier entrada sensorial. La distribución de las respuestas se modula solo por la historia de reforzamiento. El efecto del reforzamiento no es el de fortalecer el control

- ambiental de la respuesta, sino simplemente el fortalecer la respuesta. Clavier fue diseñada para ser modulada por cualquier topografía de respuesta arbitrariamente seleccionada, usando el programa de reforzamiento de percentiles (Platt, 1973).
10. Una red R-S expandida llamada Piano-Forte, está bajo desarrollo para modular la contingencia de tres elementos de Skinner sin basarse en los cambios en la fuerza de las conexiones. Las entradas sensoriales solo sirven en lo que se ha denominado como capacidad *modulatoria* (Rescorla, 1991). Esto es, que los estímulos discriminativos tienen su efecto causal, no sobre las respuestas sino sobre la relación entre respuestas y reforzamientos.
  11. En Piano-Forte, los estímulos discriminativos nunca *incrementan* la probabilidad de las respuestas apropiadas, solo *decrementan* la probabilidad de las respuestas inapropiadas. Aunque, modelados a un nivel neurofisiológico, los estímulos discriminativos no poseen efectos excitatorios. Los estímulos discriminativos determinan qué respuesta es fortalecida al permitir que algunos átomos conductuales (Stein et al., 1994) emitan respuestas (y así sean sujetas de reforzamiento y no así otras).
  12. Comparando los modelos.- Donahoe et al dieron el primer paso para desarrollar técnicas computacionales para evaluar un modelo de red neuronal, con respecto al tópico S-R. Su diagnóstico, para saber si un modelo es del tipo S(-O)-R, consistió en apagar o desconectar las entradas aferentes a la simulación computacional del modelo y, entonces, ver si el modelo continúa ejecutando alguna función útil o interesante.
  13. Para los modelos tradicionales de redes neuronales, el apagar las entradas aferentes lleva al sistema a un colapso inmediato, debido a que en tales modelos, todas las respuestas son producidas. Estas redes modelan la doctrina de que "no hay respuesta sin estímulo" (Skinner, 1979, p. 143). Clavier es un modelo diseñado para aprender completamente sin entradas aferentes. Es puramente R-S. La red neuronal seleccionista de Donahoe et al proporciona resultados intermedios: la respuesta continúa produciéndose, pero no ocurre el condicionamiento.

## LA ETERNA ANTÍTESIS. J. MARR

1. Nos preocupamos con la eterna antítesis entre los dos componentes inseparables de nuestro conocimiento, lo empírico y lo racional (Einstein, 1979, p. 310).
2. Hace algunos años construí una gran caja demostrativa para pichones, que estaba hecha con acrílico transparente en el techo y en tres de sus paredes. El panel inteligente y la base eran opacas. La caja se colocó en una pequeña habitación dentro del laboratorio y se entrenó de la manera común a un pichón para que picara un botón luminoso, dándole acceso a la comida por unos pocos segundos. El picoteo se estableció rápidamente y el programa de reforzamiento se cambió gradualmente de una razón fija (FR) 1 a un FR50. Se llevaron a cabo sesiones de media hora diaria por una semana o algo así y, para entonces, la respuesta se veía estable. Por alguna razón que ya no recuerdo, decidí que la caja no se había colocado con la orientación apropiada, por lo que un día sencillamente la roté 180 grados. Puse al pichón, como generalmente lo hacía, cerré la puerta del cuarto y empecé la sesión. Cuando regresé, un poco después, me di cuenta que no había ocurrido ninguna respuesta. Luego de abrir la puerta, la razón era obvia. El pichón se mantenía en la posición acostumbrada, dándole la cara a la pared contraria a la que tenía el panel con el botón de respuesta. Fue necesario un poco más de entrenamiento para restablecer el picoteo sobre la pared opuesta.
3. Así que, como Donahoe, Palmer y Burgos enfatizan, "el contexto dispone la ocasión para responder, aunque su influencia no se haga aparente hasta que se cambia de contexto" (p. 196). De manera más general, Donahoe y Palmer (1994) afirmaban que, "lo que se selecciona siempre es una relación ambiente-conducta, nunca solo una respuesta" (p. 68). Esta es la cuestión principal en el trabajo de Donahoe et al, y yo encuentro su exposición extraordinariamente liberalizadora. La perspectiva es la de un cierto tipo de "teoría de campo unificada" respecto a que, finalmente, fenómenos y principios que muchos

habían considerado distintos, son ahora reunidos bajo una sola regla seleccionista. Como lo señalan los autores, este principio unificador ha estado, de una forma o de otra, por ahí desde los primeros trabajos de Skinner, pero de alguna forma había quedado oculto por el énfasis sobre las diferencias en los procedimientos (como los roles de los antecedentes vs. las consecuencias), que se oponían a la aparente comunión de principios. Esto me recuerda una situación semejante entre la electricidad y el magnetismo, durante el Siglo XIX. Maxwell logró reunir dentro de una sola familia de ecuaciones todos los principios electromagnéticos desarrollados por Faraday, Ampere, Gauss y otros. No era una simple compilación, sino una reformulación que alcanzó un conocimiento profundo, por ejemplo, que la luz es un campo electromagnético oscilante, lo que es uno de los mayores descubrimientos en la historia.

4. En este comentario me concentraré en tres aspectos. Primero, exploraré brevemente algunos antecedentes del principio de selección ambiente-conducta. Segundo, quiero especular sobre el posible papel de la teoría de la complejidad al tratar con la distinción molecular-molar. Tercero, comentaré del papel que juegan los modelos de redes neuronales en el análisis de la conducta.
5. Antecedentes.- Los requisitos para que se pudiera condicionar una relación ambiente-conducta eran un tema de suma importancia en la controversia entre la continuidad y la no-continuidad, batalla que tuvo lugar en los 1930s y 1940s entre las fuerzas de Hull-Spence por un lado y las de Lashley-Wade por el otro. Donahoe et al parecieran alinearse con Hull (1929) cuando decía que: "Todos los elementos de un estímulo complejo que impactan los sentidos de un organismo durante o casi al mismo tiempo que una respuesta es evocada, tienden por ellos mismos independientemente e indiscriminadamente a adquirir la capacidad de evocar la misma respuesta" (p. 498, citado por Terrace, 1966, pp. 274-275). Este enfoque contrastaba con el de Lashley y Wade (1946), quienes sostenían que el control del estímulo no existía sin un entrenamiento diferencial. Pero, como con todas estas controversias, no hay una solución clara. Parte del problema reside en que no podemos controlar la historia previa de los organismos



sin ambigüedades. Algún control de estímulo está claramente pre-programado por la selección natural, la mayor parte, por supuesto, surge de la selección vía las contingencias de reforzamiento, diferenciales o de otro tipo.

6. Rescorla (1967, 1988) y Rescorla & Wagner (1972) fundamentan sus teorías del condicionamiento pavloviano en alguna medida de correlación entre la ocurrencia del estímulo condicional (CS) y del estímulo incondicional (US). Al hacerlo así, ellos no efectuaron la importante distinción enfatizada por Donahoe et al, que dice: "La contingencia es el lenguaje del procedimiento y la contigüidad es el lenguaje del proceso" (p. 200). Actualmente, Rescorla & Wagner (1972) se acercan a esto cuando invocan al contexto en el análisis de la adquisición. De manera que, si la correlación entre CS y US es cero, esto significa que la probabilidad de que ocurra el US, luego del CS más el contexto, es igual a la probabilidad de que ocurra el US, solo ante el contexto... Esto es en una teoría puramente de contigüidad.
7. (También es posible que) la respuesta esté inexorablemente vinculada con el contexto en que ocurre, como resultado del reforzamiento de respuestas correlativas. Nuevamente, el requisito fundamental es la contigüidad, el vínculo temporal entre contexto, conducta y consecuencia.
8. Existe una clara analogía con la segunda Ley de Newton:  $F = m (dv / dt)$ . Los tres términos en esta expresión (la fuerza, la masa y la aceleración) no pueden definirse funcionalmente, independientemente uno de otro.
9. De lo Simple a lo Complejo.- Las analogías entre las contingencias de reforzamiento y la mecánica, podrían extenderse en muchas direcciones interesantes, como resulta inherente al significado que le dan Donahoe et al a las relaciones momento a momento, con sus productos a nivel molar. La cuestión es preguntarnos cómo emergen los patrones globales o molares, desde fenómenos locales o temporalmente restringidos. La interrelación contingente entre el contexto, la conducta y el reforzamiento es, de hecho, un sistema dinámico no lineal. Bajo condiciones apropiadas, tales sistemas pueden desplegar una complejidad considerable, aún cuando las reglas que especifiquen su dinámica puedan ser muy simples. Existe un

campo de estudio, que crece rápidamente, conocido como la teoría de la complejidad y que se dedica al estudio de semejantes sistemas "auto-organizados" (Coveney & Highfield, 1995). Existen numerosos ejemplos de reacciones autocatalíticas características de la actividad bioquímica cíclica (como el ciclo de Krebs) en sistemas de reacción-difusión que generan desarrollos embrionarios, incluyendo los patrones de colores en la capa externa de los animales (Murria, 1993), hasta mecanismos controladores de la formación de copos de nieve y de la estructura terciaria de las proteínas. Aparentemente existen semejanzas esenciales entre estas clases de sistemas dinámicos: no son lineales, el feedback positivo y el negativo interactúan y poseen un delicado balance de estabilidad-inestabilidad. Las contingencias conductuales también cumplen con estos criterios de complejidad. Queda como una pregunta abierta si los sistemas conductuales podrán formar parte de modelos útiles dentro de la teoría de la complejidad... Desafortunadamente, en los sistemas de contingencias no hemos avanzado mucho en desarrollar familias de ecuaciones que determinen si se pueden obtener patrones conocidos molares de conducta, a partir de dinámicas momento a momento apropiadas. Así que, los denominados sistemas de redes neuronales ofrecen una alternativa posible y ese enfoque está enfatizado en el trabajo de Donahoe et al.

10. Prendiendo y apagando la red.- En comparación con cualquier circuito neuronal local, propuesto o conocido en la actualidad (por no referirnos a una parte mayor del cerebro, con quizá millones de células)... los modelos neuronales resultan un chiste... (para ver una introducción a la complejidad real del sistema nervioso, consúltese a Shepherd, 1994). De manera que, nuestro entendimiento de los mecanismos neuronales del aprendizaje es primitivo, en relación a lo que conocemos en términos del análisis funcional de la conducta. Así que, no queda claro qué significado "plausible" puedan tener los modelos de redes neuronales.
11. Lo que quizá tengan en común como algo importante el sistema nervioso y las redes neuronales es que en ambos casos se trata de máquinas de contigüidad mas feedback. Es decir, dado un circuito particular entrada-salida, la

- conjunción temporal de un patrón de entradas puede producir, mediante modificaciones internas, un cierto patrón de salida. Tanto el patrón de entrada como el de salida poseen propiedades estocásticas.
12. Por lo que, los modelos de redes son sistemas dinámicos con propiedades estocásticas. Analíticamente, son un tipo concatenado de ecuaciones diferenciales no lineales, cuyos resultados son función de las discrepancias entre actividades nodales. Este es el aspecto que se refiere al feedback positivo del sistema. Ahora bien, debido a que existe un máximo (y un mínimo) en las actividades nodales, el sistema posee un atractor, esto es, un equilibrio semiestable.
  13. Los modelos de ecuaciones diferenciales para la adquisición (de conducta) y otros fenómenos conductuales, son comunes (ejemplo: Rescorla & Wagner, 1972), pero los modelos neuronales son aún más complejos que esta o varias otras ecuaciones. El modelo propuesto por Donahoe et al, es particularmente sofisticado, con sus reglas tipo Hebb y sus dispositivos de feedback difuso.
  14. Yo llegué a contar como nueve parámetros libres en ese modelo, sin incluir las restricciones de los rangos de peso que determinan los estados del atractor estocástico. ¿Cómo escoger los valores de estos parámetros? ¿Siendo tantos parámetros, sería posible simular cualquier dato? (Sin embargo) solo se presentan datos de las simulaciones, por lo que es difícil juzgar qué tan bien trabaja la ésta, excepto en un sentido muy general.

**LAS UNIDADES DE ANÁLISIS Y EL CONTROL AMBIENTAL DE LA  
CONDUCTA. W. J. MCILVANE & W. V. DUBE**

1. Empezaremos nuestro comentario sobre el artículo de Donahoe, Palmer y Burgos con un poco de historia que nos conducirá directamente a nuestra visión en el debate presente. Desde su fundación, el programa de investigación del Centro Shriver (donde trabajan los autores de este comentario)... han tenido como su misión principal comprender y ayudar a disminuir los problemas de individuos con limitaciones en su desarrollo (Ejemplo: Sidman & Stoddard, 1966). (Los autores recibieron su entrenamiento en éste programa y continúan fielmente su agenda). Tratar con problemas prácticos de la gente con limitaciones, requiere de una investigación que pueda sustentar una enseñanza más eficiente. En particular, el entendimiento de los procesos del control de estímulo, en esa época, eran considerado inadecuado para la tarea (Sidman, 1976). Consecuentemente, se dio inicio a un ambicioso programa que se enfocara en el análisis experimental de los procesos de control del estímulo, no solo en personas con limitaciones, sino también en otros primates. Ese programa llevó directamente al torrente actual de estudios de investigación sobre equivalencia de estímulos y fenómenos relacionados (Sidman, 1994). Son menos conocidos otros aspectos de ese trabajo inicial, aunque puede probarse que, a fin de cuentas, son igualmente importantes tanto para la teoría como para la práctica. Ya que esto es directamente relevante a la cuestión que aquí discutimos, brevemente revisaremos hallazgos y conceptos fundamentales.
2. Entre las contribuciones más importantes del programa fue la investigación que demostró un aspecto común en las relaciones ambiente-conducta. Por ejemplo, en el trabajo con monos rhesus, Ray (1969) dispuso elementos estímulo individuales junto con funciones discriminativas previamente establecidas, formando (estímulos) compuestos que preservaban las contingencias originales o las revertían para uno o dos elementos. Las pruebas

subsecuentes revelaron que la exposición ante (los así denominados) "compuestos conflictivos", frecuentemente no alteraba las funciones discriminativas previamente establecidas en algunos de sus elementos. En lugar de ello, el efecto era meramente reducir la frecuencia de relaciones ambiente-conducta previamente establecidas. Cuando se restableció la condición original de elementos individuales, el control de estímulo ejercido por los elementos era típicamente recuperado de inmediato. Este hallazgo y otros relacionados (Cohen, 1969; Stoddard & Sidman, 1971) dieron soporte a la idea de que las relaciones ambiente-conducta eran unidades, cuya frecuencia de ocurrencia estaba relacionada con el programa de reforzamiento prevaleciente.

3. Para ese entonces, la idea de que el reforzamiento seleccionara relaciones ambiente-conducta controladas resultaba un tanto controversial y podía fácilmente provocar comentarios como los de la revisión de Richard Shull (1995) sobre el libro de Donahoe y Palmer (*Learning and Complex Behavior*, 1994). En un artículo precursor del debate actual, Ray y Sidman (1970) revisaron sus hallazgos, así como los de otros laboratorios, para enfatizar que el análisis del control de estímulo no necesitaba estar limitado al arreglo de estimulación esteroceptiva del experimentador. Ellos sostenían que variaciones en la propia conducta del organismo podían ser vistas como una fuente importante de control de estímulo, aún cuando el experimentador tratara de mantener constantes otros factores ambientales. Donahoe et al proporcionan argumentos muy similares bajo el subtítulo de "Interpreting behavior in nondiscrimination procedures" (p. 204).
4. Al adelantar estos argumentos, Sidman y su grupo no se estaban apegando a la tradición S-R de Hull o de Spence. En particular, ellos adoptaron una tenue versión de las variables interventoras que tan prominentemente esgrimían las teorías S-R. A pesar de todo, en su forma de pensar y de escribir sobre el control de estímulo, partían del sustrato del pensamiento analítico conductual de hace unos 25 años atrás. Por ejemplo, Ray (1969) y Stoddard & Sidman (1971) eran los únicos que usaban el término *topografía del control de estímulo*, para referirse a las variaciones

en las relaciones controladoras entre ambiente y conducta. También introdujeron el término *moldeamiento de estímulo* para referirse a los cambios graduales en los requerimientos de control de estímulo que tuviera una tarea determinada. Aunque fueron precursores directos de los escritos de Skinner (Ejemplo: Skinner, 1966, p. 18), estos términos y las ideas detrás de ellos, no fueron adaptados por otros analistas conductuales. Sin embargo, para nosotros, tales conceptos se mantienen como centrales en lo que pensamos sobre el control del estímulo. Encontramos en Donahoe y Palmer (1994) el pensamiento de espíritus afines que, aunque siguiendo un camino muy diferente al de nuestro grupo, han llegado a conclusiones básicas similares.

5. No obstante, al ponerle como título de su artículo "La cuestión S-R", pensamos que Donahoe et al cometieron un pequeño error táctico. Por mucho tiempo, los analistas conductuales han sido confundidos con otros psicólogos S-R. Temeríamos que cualquier debate visible de la "cuestión S-R" en el JEAB, independientemente de su valor, podría malinterpretarse por el lector ingenuo.
6. De la misma manera que el grupo de Sidman, Donahoe et al nunca invocaron un regreso a la psicología S-R. Pensamos que su artículo hace bien en mostrar que su postura es consonante con ideas en nuestro campo de estudio que han prevalecido en el tiempo. Por ejemplo, cuando estudiantes, muchos de nosotros aprendimos que Skinner creía que toda conducta bien podía tener un estímulo antecedente, pero que el reto técnico para identificarlo era desilucionante. La ciencia de la conducta procedería, nos decía Skinner, seleccionando unidades analíticas apropiadas (Ejemplo: Skinner, 1957). Sidman (1986) ha enfatizado la necesidad de ser flexible al seleccionar las unidades analíticas, restringiéndolas o elaborándolas para tratar con los problemas científicos a los que nos enfrentemos (ver Sidman, 1994 y Stromer, McIlvane & Serna, 1993, para obtener una discusión acerca de diferentes formas de conceptualizar estas unidades). A la luz de esto, sería más apropiado y ventajoso replantear el debate actual como uno acerca de lo apropiado de las "unidades de análisis" o de los "niveles de análisis" y no de la "cuestión S-R".

**EL PAPEL DE LA MOTIVACIÓN EN LA CUESTIÓN S-R. J. MICHAEL, M. D. HIXSON & J. W. CLARK**

1. Donahoe, Palmer y Burgos han intentado resolver el aparente conflicto entre dos formas diferentes de interpretar el efecto del reforzamiento. Donahoe y Palmer (1994, p. 68) afirmaron que "lo que se selecciona siempre es una relación ambiente-conducta, nunca una respuesta aislada" y en la revisión de este texto, Shull (1995, p. 354) cuestiona si este enfoque es consistente con la visión del análisis de la conducta, donde "la conducta operante ocurre en un contexto estimulativo, donde frecuentemente no se identifica algún cambio de estimulación que preceda cada ocurrencia de la respuesta". El problema con esta formulación es que Donahoe et al implican que la única variable ambiental que puede formar parte de una relación ambiente-conducta y ser seleccionada por el reforzamiento es el estímulo que ocurre inmediatamente antes de la respuesta. Shull acepta este enfoque limitado del ambiente y cuestiona lo adecuado que pueda resultar para tratar aquellas circunstancias donde hay un contexto estimulativo constante y, a pesar de ello, la frecuencia de la conducta puede apreciarse que está claramente relacionada con las consecuencias de esta.
2. Algunos analistas conductuales pueden encontrar que ambos enfoques fracasan peculiarmente por el error de no mencionar una variable ambiental muy importante, la variable que es *responsable* de que un evento o una condición de estímulo funcione como reforzador. En el caso del reforzamiento con comida, se trata obviamente de la privación de alimento, lo que no solo controla la efectividad del alimento como reforzador, sino también, para muchos analistas conductuales, se piensa que posee algún control momento a momento sobre la frecuencia de la conducta que así ha sido reforzada. En su libro "Ciencia y Conducta Humana" (1953), al iniciar su Capítulo sobre Privación y Saciedad, Skinner nos proporciona una clara declaración de su punto de vista acerca del papel de esta variable: "El descubrir que parte de la conducta de un organismo está bajo el control del ambiente lleva, como

hemos visto, a generalizar esta idea del estímulo. Los escritores empiezan a inferir la existencia de estímulos que nadie puede observar y a incluir diversas condiciones internas, como parte de una "situación estimulante total". La concepción del estímulo se debilita con estas generalizaciones y frecuentemente se abandona a favor de otras formulaciones de naturaleza menos específica... También debemos de darnos cuenta que algunos efectos del ambiente no resulta práctico clasificarlos del todo como estímulos. Por ejemplo, cuando privamos a un organismo de alimento, podemos estar estimulándolo, pero de manera incidental a su efecto principal" (p. 141)

3. Más adelante, en el mismo Capítulo resume la relación general entre reforzamiento y privación como sigue: "El reforzamiento, entonces, pone a la conducta bajo el control de una privación apropiada. Luego de que hemos condicionado a un pichón a torcer su cabeza reforzándolo con alimento, la variable que controla el girar la cabeza es la privación de alimento. La conducta de torcer la cabeza solo ha venido a formar parte del grupo de respuestas que varían con esta operación (de privación). No se puede describir el efecto del reforzamiento de manera simplificada" (p. 149).
4. Notemos que hasta este momento no nos hemos referido al papel de la privación para aumentar la fuerza evocativa del estímulo discriminativo, aunque ciertamente es algo que hace.
5. La red neuronal a la que se refiere Donahoe et al es de un organismo que lo afecta solo una clase de reforzamiento y con solo una variable motivacional u operación de establecimiento. Donahoe et al, sin duda están conscientes de que a los organismos reales les afectan diversas variables motivacionales, aunque probablemente prefieran mantener las cosas simplificadas, para empezar a usar su red neuronal en la integración de la ciencia de la conducta y la neurociencia.
6. Lo que hay que decir es que el reforzamiento selecciona relaciones ambiente-conducta que involucran estimulación ambiental y variables motivacionales ambientales (u operaciones de establecimiento).



**ALGUNAS IDEAS SOBRE LA CUESTIÓN S-R Y LA RELACIÓN ENTRE EL ANÁLISIS CONDUCTUAL Y LA NEUROCIENCIA CONDUCTUAL. J. MOORE**

1. En una reciente revisión del libro de Donahoe & Palmer (1994) *Learning and Complex Behavior*, Shull (1995) cuestionó si el énfasis en las redes neuronales adaptativas y su enfoque bioconductual constituían un regreso a la psicología S-R, que resultara inconsistente con la concepción analítica conductual del comportamiento operante. Donahoe, Palmer & Burgos consideraron que no se trata de este retroceso y tratan de tranquilizar cualquier inquietud, aclarando ciertos aspectos de su enfoque bioconductual. Yo quiero examinar dos de muchos tópicos interesantes surgidos con esta discusión. El primero es bastante general: la relación entre el análisis de la conducta y la neurociencia conductual. El segundo se sigue de esto, pero es más específico: la relación entre la interpretación de la conducta, el análisis experimental de la conducta y los diversos niveles de análisis.
2. La relación entre el análisis de la conducta y la neurociencia conductual.- A mi me parece que se ha malinterpretado esta relación y sugiero que se trata de dos áreas complementarias. Para más seguridad, diré que el libro de Skinner (1938) *Behavior of Organisms*, fue una "declaración de independencia de la fisiología" (Skinner, 1995, p. 157) en el sentido de que propugna por que la conducta sea considerada como sujeto de estudio por sí misma. Aunque, saber de fisiología no es irrelevante para su estudio. El argumento de Skinner era que la conducta no debe considerarse como evidencia de la existencia de entidades inferidas a partir de ella, como dimensiones neuronales, mentales o conceptuales y que a semejantes entidades no debería concedérseles ningún papel o estatus causal. La contribución de la fisiología sería el mostrar cómo la exposición a factores como las contingencias de reforzamiento producen cambios en el organismo y lo hacen comportarse de manera diferente con posterioridad. La información que provenga de la fisiología, debería surgir a partir de métodos apropiados a ella, como disciplina

- independiente y no como inferencias a partir de la misma conducta, que se supone quiere explicar.
3. De tal manera, que me parece a mí que una ciencia comprensiva de la conducta se preocupa apropiadamente de dos cosas. La primera: ¿cómo se relaciona funcionalmente la conducta de un organismo con su medio ambiente? La segunda: ¿cómo operan los sistemas neurofisiológicos del organismo para mediar estas relaciones funcionales? El primer tópico es territorio del análisis de la conducta. Contribuye a una ciencia de la conducta al analizar el control ejercido por contingencias funcionando a nivel filogenético, ontogenético y cultural. El segundo tópico es territorio de la neurociencia conductual.
  4. Si consideramos que el análisis de la conducta y la neurociencia conductual deberían ser vistas como actividades complementarias, aún tendríamos que aclarar con qué bases es que son complementarias. Yo sugiero que estas sean pragmáticas y no lógicas o reduccionistas. Esto es, una vez que sabemos cómo los estados fisiológicos internos se relacionan funcionalmente con la conducta, la predicción de la conducta de un organismo (o incluso intervenciones con propósitos de control) deberían basarse en la información acerca del estado actual de dichos estados internos y no sobre una posible especificación inadecuada de la historia responsable de dichos estados (Skinner, 1953). Si traemos a colación la cuestión de si es que la psicología necesita tomar en cuenta mecanismos neuronales subyacentes, habremos abandonado nuestro interés pragmático y nos estaremos lanzando a una aventura de dimensión epistemológica o reduccionista, donde el conocimiento es válido, sí y solo si, se vincula con otro conocimiento.
  5. La relación entre la interpretación de la conducta, el análisis experimental de la conducta y los diversos niveles de análisis.- Donahoe (1993, p. 453) define la *interpretación* como el uso de los principios derivados del análisis experimental y enmarcados en consideraciones formales (lógicas o matemáticas), para explicar los fenómenos que ocurren bajo condiciones que impiden el análisis experimental controlado. Más adelante Donahoe sugiere que buena parte de la empresa científica consiste en hacer interpretaciones y que gran parte de los escritos

de Skinner son interpretaciones y no análisis experimentales (Ejemplo: Skinner, 1957). De esta manera es claro que Donahoe et al ven a las redes neuronales adaptativas como instrumentos de interpretación apropiados y significativos.

6. Yo veo dos asuntos críticos en este enfoque. El primero se refiere a los niveles de análisis ¿Apelar a las redes neuronales adaptativas es interpretativo en el sentido tradicional del análisis conductual? Tradicionalmente las *interpretaciones* del análisis conductual, tratan de explicar fenómenos conductuales en tales términos como estímulos discriminativos, respuestas y reforzadores, pero sin identificar estos elementos mediante un análisis experimental controlado y formal. Por otro lado, las *explicaciones* del análisis conductual se mantienen en el nivel de la conducta y no al nivel de la fisiología. No obstante ¿Si se toman las interpretaciones como actividades explicativas, deberían permanecer estas, a nivel de la conducta y no al nivel de la neurofisiología?
7. El segundo aspecto crítico se refiere a la confirmación. Las interpretaciones suelen aplicar principios que han sido confirmados en alguna otra parte, mediante análisis independientes. Sin embargo, muchos de los principios de las redes neuronales adaptativas no se han confirmado aún mediante análisis experimental de la fisiología relevante. Por ejemplo, ¿Existe en alguna parte evidencia fisiológica independiente que respalde la idea de la variabilidad en la topografía de una operante, así como la variabilidad momento a momento en su tasa o en su emisión, en presencia o en ausencia de un estímulo discriminativo? Para asegurarse, Donahoe et al reconocer que cualquier información que confirme la contribución de las redes neuronales adaptativas tendrá, ultimadamente, que provenir de la misma neurociencia.
8. Resumen y Conclusiones.- En conclusión, a pesar de las convicciones de los analistas conductuales sobre el valor del análisis de la conducta, el resto de la comunidad científica no parece estar convencida de este. Solo necesitamos comparar el número de analistas conductuales que actualmente hay en una Facultad de alguna Universidad prestigiada y compararlo, digamos, con la cantidad de psicólogos cognitivos que ahí también estén ¿Qué se puede

hacer para aumentar la aceptación del análisis conductual? Una posibilidad sería el desarrollar mejores técnicas de predicción y control... (aunque) el análisis conductual ofrece un abanico de técnicas efectivas para predecir y controlar, que han estado disponibles durante muchos años, pero que no se han hecho populares. De manera que la respuesta parece estar más allá del mérito de las técnicas relevantes a la predicción y el control.

Otra posibilidad, y la que resulta relevante a la actual discusión, podría ser el especificar los mecanismos neuronales subyacentes, que median la selección de la conducta mediante el reforzamiento...(aunque) el análisis conductual sería igualmente verdadero y válido sin especificar los mecanismos neuronales subyacentes, de la misma manera que el trabajo de Mendel es igualmente verídico sin especificar la estructura genética o el DNA.

9. Si la gente estuviera más dispuesta a aceptar el análisis conductual, cuando se especifiquen los mecanismos neuronales subyacentes, quizá debemos considerar hacerlo y proporcionar esta especificación... En cualquier caso, no se de mejor opción, en el momento, para hacer esto, que las redes neuronales adaptativas.

## LA TEORÍA Y EL ANÁLISIS CONDUCTUAL. J. E. R. STADDON

1. El artículo objeto de este comentario hace surgir diversos tópicos interesantes y llega a varias conclusiones con las que estarían de acuerdo la mayoría. El condicionamiento operante y el pavloviano se miden con procedimientos diferentes, pero no son por completo procesos diferentes. La meta de Skinner de proporcionar explicaciones a un nivel momento a momento es una meta deseable. La neurofisiología no invalida a las leyes conductuales. Por todo esto, yo solo puedo adicionar un par de comentarios.
2. Primero, aunque Skinner frecuentemente urgió por un análisis momento a momento (como en "Farewell my lovely!" y otros escritos), su antagonismo a ultranza contra la verdadera teoría, inhibió la teorización a ese nivel. Como parecía que solo leyes (como la ley de Weber) eran aceptables en el análisis conductual, la teoría se quedó atorada por años. Este estado de cosas no fue, como Skinner se quejó por ello, una reacción contra sus ideas, sino que fue el único sendero que dejó abierto.
3. Donahoe et al están en lo correcto al insistir en la necesidad de una teoría en tiempo real, pero están equivocados en darle crédito a Skinner, como si él hubiera adelantado su simpatía en esta dirección. Lejos de promover esta idea, la posición de Skinner a este respecto fue parte del problema.
4. Mi segundo comentario se refiere al asunto principal de este artículo: si el reforzamiento actúa para fortalecer la respuesta o las conexiones estímulo-respuesta. Esto parece ser en extremo una cuestión empírica: ¿El aprendizaje operante es dependiente del contexto o no? En otras palabras, luego del entrenamiento, ¿la respuesta decrece cuando se cambia el contexto o no? ¿se da ahí un gradiente de generalización? Obviamente la respuesta es "casi siempre". Con muy pocas excepciones, el aprendizaje operante en los mamíferos y las aves está sujeto al decremento por generalización de estímulos. Consecuentemente, el reforzamiento debe actuar no solo sobre la respuesta, sino también en sus conexiones con el contexto. A pesar de todo, no todos los organismos muestran dependencia del contexto. La conducta semejante a la operante de orientación en los microorganismos, no

parece estar bajo control del estímulo (Staddon, 1983) y es perfectamente posible diseñar un mecanismo operante que sea independiente del contexto (Staddon & Zhang, 1991).

5. Finalmente un comentario sobre la pregunta de los autores "¿Son las redes neuronales capaces de simular los efectos de las contingencias operantes diferenciales y no diferenciales?" (p. 202). Como demostraron McCulloch & Pitts (1943/1965) hace muchos años, incluso las redes neuronales mas sencillas son dispositivos computacionales generales del mismo nivel que la máquina de Turín, por lo que son capaces de simular cualquier proceso bien definido. Así que, la cuestión científica no es si algunos datos pueden ser simulados por una red neuronal (sí pueden), sino cuándo una simulación dada es la más sencilla y la mejor (más verdadera), como modelo del conjunto de datos estudiados.

**EL SUSTRATO BIOLÓGICO DEL CONDICIONAMIENTO OPERANTE Y LA  
DISTINCIÓN OPERANTE-RESPONDIENTE. L. STEIN**

1. Desde el principio, debo identificarme como un colega apegado al enfoque de Donahoe y sus colegas, como alguien que comparte su visión seleccionista de la conducta, admira su trabajo y acepta sus posicionamientos sobre diversos temas específicos. En particular, yo suscribo con entusiasmo la principal idea: que la conducta compleja "se entiende mejor como el producto acumulativo de la acción en el tiempo de procesos bioconductuales relativamente simples, especialmente la *selección mediante el reforzamiento*".
2. Con respecto al importante tema de la naturaleza y complejidad de la respuesta reforzada, Donahoe et al y yo sostenemos el mismo enfoque minoritario. Juntos rechazamos la suposición común de que "el total" de la respuesta (o su sustrato neuronal complejo) puede identificarse como la unidad funcional del reforzamiento. En lugar de eso, suponemos que la unidad del reforzamiento es cierta clase de elemento de respuesta infinitesimal o átomo conductual (Skinner, 1953), cuyo sustrato biológico está en una escala presumiblemente celular o subcelular.
3. Con todo y esto, nuestro enfoque difiere sustancialmente respecto al conjunto de cuestionamientos colectivamente denominados "la cuestión S-R". La hipótesis central de los autores (que hábilmente restablece Shull, 1995), es que "el efecto fundamental del reforzamiento es el de seleccionar relaciones ambiente-conducta y no el de incrementar la tasa de emisión de la respuesta reforzada" (p. 353). Así pues, los átomos conductuales de Donahoe y Palmer (1994) son concebidos como unidades elementales estímulo-respuesta, cuyo peso en la conexión puede incrementarse por la liberación de la dopamina transmitida por el reforzamiento a la sinápsis de elementos coactivos pre y postsinápticos. Más todavía, el principio unificado de reforzamiento, en su formulación, re replica igualmente al condicionamiento operante y al pavloviano.

4. (Por otra parte) mis colegas y yo hemos encontrado que la tasa de disparos espontáneos de células individuales en cortes del hipocampo, se incrementan progresivamente en relación con la dosis, mediante la aplicación local contingente al estallido de disparos, de microinyecciones de dopamina o de otras drogas y transmisores del reforzamiento.
5. (Para esto) se han hecho pruebas donde las mismas microinyecciones proporcionadas independientemente de los estallidos resultan inefectivas y donde inyecciones contingentes (o no contingentes) de glutamato (un trasmisor excitatorio no relacionado con el reforzamiento conductual) no llegan a incrementar ni a suprimir los estallidos del hipocampo.
6. Nosotros hemos interpretado estos hallazgos diciendo que significan que la dopamina y otros químicos pueden incrementar la actividad de estallidos espontáneos de las neuronas mediante un mecanismo celular novedoso (el reforzamiento in vitro o IVR), que es análogo al fortalecimiento de las respuestas emitidas debido a las consecuencias reforzantes. En corto, el IVR se ha conceptualizado como la analogía celular del condicionamiento operante (Stein et al, 1993).
7. Donahoe et al ofrecen "una interpretación alternativa de los mismos hechos... que es consistente con nuestro enfoque en el cual los reforzadores afectan las relaciones entrada-salida y no solo la salida" (pp. 196-197). Su reinterpretación se basa en la premisa que el IVR no debería verse como un mecanismo novedoso, sino que surge como una variación o manifestación de potencialización a largo término (LTP, un modelo bien establecido de plasticidad sináptica, ver la revisión de Bliss & Collingridge, 1993). De acuerdo con esta explicación alternativa, el incremento en estallidos inducido por reforzamiento químico en los experimentos con cortes de cerebro "puede reflejar una sensibilidad aumentada de la neurona postsináptica, ante la liberación del neurotransmisor glutamato por la neurona presináptica" (p. 197). Desafortunadamente, esta idea detallada ingeniosa y admirable es probablemente incorrecta, pues como ya dijimos, la aplicación de glutamato sobre un amplio rango



- de dosis, no incrementa las tasas de estallidos del hipocampo, sino que los suprimen marcadamente.
8. En mi opinión, IVR y LTP no son meras variaciones de un mismo mecanismo de plasticidad sináptica, se trata de procesos separados. Si es así, es posible que sus diferentes propiedades neurofisiológicas, cuando se expresan sobre la conducta, puedan ser la base de la distinción operante-respondiente.
  9. Aunque los mecanismos señaladores dependientes del calcio están involucrados en los dos procesos, IVR y LTP parecieran depender de diferentes tipos de canales de  $\text{Ca}^{2+}$ . El canal relevante de  $\text{Ca}^{2+}$  para LTP (canal NMDA) en el área CA1 está bien establecido (Bliss & Collingridge, 1993). Este canal es activado por el glutamato junto con la despolarización de la membrana. Por el otro lado, el canal  $\text{Ca}^{2+}$  tipo-L parece crítico para IVR (Stein et al, 1994). Este canal  $\text{Ca}^{2+}$  con puerta de voltaje es activado por la despolarización de la membrana, pero solo si la proteína del canal es fosforizada.
  10. La evidencia que implica al canal tipo-L en IVR incluye lo siguiente: (a) el canal tipo-L controla la generación de espigas de calcio en las áreas del hipocampo CA1 y CA3 (Kostyuk, 1989), (b) los canales tipo-L están localizados en los cuerpos celulares del área CA1 del hipocampo y se agrupan con gran densidad en la base de las dendritas mayores (Westenbroek, Ahljianian & Catterall, 1990), (c) el influjo de  $\text{Ca}^{2+}$  por los canales tipo-L del hipocampo regula la transcripción genética, mediante una ruta de señalamiento distinta (Bading, Guity & Greenberg, 1993), proporcionando un posible mecanismo para los efectos del reforzamiento a largo plazo, y (d) los canales tipo-L deben estar fosforizados para abrirse cuando se despolariza la membrana (Armstrong, 1989). Esta propiedad puede razonablemente proporcionar a la célula piramidal del hipocampo del mecanismo para modular los flujos de calcio, en respuesta a señales externas (de reforzamiento). La identificación tentativa del canal tipo-L como la proteína significativa y objetivo del proceso de reforzamiento celular, ha sugerido una hipótesis molecular plausible y verificable de IVR y (por extrapolación) del condicionamiento operante (Stein, 1994).

11. Mi modelo molecular se basa en la premisa de que la fosforización de los canales tipo-L de  $\text{Ca}^{2+}$  son el último escalón en el reforzamiento de las respuestas de estallido en el hipocampo. Más precisamente, propongo que la normalmente rápida desfosforización de los canales tipo-L después de estallidos no reforzados, se puede evitar mediante aplicaciones de dopamina y otros agentes reforzantes, contingentes a los estallidos.
12. Los estallidos del hipocampo se componen de unas pocas espigas de sodio iniciales, seguidas de una sucesión de espigas de calcio (Jensen, Azouz & Yaari, 1994; Schwartzkroin & Slawsky, 1977; Wong & Prince, 1978). Las últimas son mediadas por canales tipo-L con puerta de voltaje, que se abren en respuesta a la despolarización de la membrana (especialmente la producida por las espigas de  $\text{Na}^+$ ) si la proteína del canal  $\text{Ca}^{2+}$  es fosforizada.
13. ¿Cuáles son las principales implicaciones de este trabajo para la cuestión S-R y para la hipótesis del reforzamiento de Donahoe et al? Si eventualmente se valida y se extiende a otras regiones de los sistemas de reforzamiento cerebral, el modelo molecular puede proporcionar una explicación detallada de la acción reforzante de la dopamina a los niveles celular y subcelular. La característica clave está en la especificación precisa de una molécula detectora de coincidencias (Ejemplo: la ciclasa adenilata tipo VIII) que reaccione selectiva y exclusivamente "a la contigüidad entre al estallido de la neurona postsináptica y a la introducción del neuromodulador" (p. 197). Esta interpretación molecular de dos elementos resulta consistente con la visión de Skinner del control de las consecuencias y la distinción entre operante y respondiente (emisión-elicitación).
14. Habiendo dicho lo anterior, debo terminar expresando mi apoyo por el énfasis que correctamente dio Donahoe et al sobre el difícil problema de la discriminación operante y el papel del estímulo discriminativo. Skinner mismo (1953) ha señalado que la conducta operante "casi necesariamente" cae bajo el control de la estimulación discriminativa, de acuerdo con la contingencia de "tres elementos" (p. 108). No obstante, continúa diciendo: "La relación entre la operante discriminada y su estímulo

controlador es muy diferente de la elicitación. El estímulo y la respuesta ocurren en la misma secuencia, como en el reflejo, pero esto no quiere decir que los dos casos sigan la misma fórmula "estímulo-respuesta". El estímulo discriminativo no elicita (o produce directamente) la respuesta, simplemente altera la probabilidad de su ocurrencia" (p. 110).

## OPTIMIZACIÓN Y CONTIGÜIDAD.W. VAUGHAN JR.

1. Donahoe, Palmer y Burgos plantean varios argumentos: que las relaciones molares deben entenderse como el resultado de procesos locales, que el reforzamiento no es simplemente el fortalecimiento de las respuestas sino que también involucra al estímulo presente en ese momento, que el condicionamiento operante y el condicionamiento clásico no son distintos, sino que solo están separados en base a qué tipo de eventos se encuentran confiablemente presentes cuando se presenta el reforzamiento, que los modelos (en este caso, las redes neuronales) pueden ser útiles e integrar diversos fenómenos conductuales.
2. Varios de estos tópicos pueden agruparse bajo un enfoque de optimización (Herrnstein & Vaughan, 1980), en términos de fortalecimiento por contigüidad. Estando de acuerdo con Donahoe et al, yo creo que es posible derivar la optimización a partir de procesos más básicos, como los apelados por Skinner. En un experimento utilizando alternativas disponibles concurrentemente, una alternativa puede ganar valor al asociarse con el reforzamiento, ya sea que el reforzamiento sea producido por la respuesta o no (Ejemplo: usando un concurrente de tiempo variable (VT) VT y solo requiriendo de una respuesta de cambio de llave). El tiempo gastado sin reforzamiento en presencia de esa alternativa, lleva su valor a cero. A partir de estas suposiciones, uno puede deducir que el valor de una alternativa es estrictamente una función monotónicamente incrementada de la tasa de reforzamiento en su presencia. Proporcionando dos o más de estas alternativas, las respuestas de cambio pueden ser vistas como que aumentan o reducen su fuerza, dependiendo de si producen una transición de una tasa baja de reforzamiento a una alta o de una alta a una baja. Este modelo de fortalecimiento (presentado por Vaughan, 1982), permite deducir el proceso de mejoramiento y explicar la conducta en programas concurrentes de intervalo variable (VI) VI, programas concurrentes VI y razón variable (VR) y programas VR VR. El hecho de que hay una demora ante el cambio, para evitar una alternación rápida, que tiene una duración semejante a

- la duración de las demoras no señaladas, que reducirían la respuesta a un nivel bajo (Williams, 1976), sugiere que el fortalecimiento de las respuestas de cambio se mantiene por las transiciones de un reforzador condicionado a otro y no por la presentación de alimento sobre la alternativa a la que se cambia.
3. Por otro lado, el argumento de Donahoe et al de que el condicionamiento operante y el condicionamiento clásico se refieren a los mismos procesos, distinguibles solo por los eventos confiablemente contiguos con el reforzamiento, puede necesitar de alguna modificación. Por ejemplo, consideremos el modelo de Rescorla & Wagner (1972), que propone que la presentación de un reforzador cambia el valor de los estímulos presentes... Asumamos que una respuesta con valor positivo (o fuerza) ocurre con cierta frecuencia, que es una función monotónica de esa fuerza y que una respuesta con una fuerza de cero o menos de cero, no ocurre. Veremos entonces que hay datos que este modelo no puede manejar. Por ejemplo, Dinsmoor (1962) encontró que las ratas respondían escapando de un estímulo correlacionado con shocks y respondían para producir un estímulo no correlacionado con shocks... Entonces, en este enfoque el condicionamiento clásico y el operante están cercanamente relacionados, pero son procesos distintos.
  4. Esta concepción es similar a aquella de Baum (1973), que consideró al reforzamiento y al castigo como casos de "transición situacional". De acuerdo con Baum (p. 151), el reforzamiento consiste en una transición desde una situación de bajo valor a una de valor elevado y el castigo es una transición en la dirección opuesta. El modelo de Rescorla & Wagner difiere del de Baum, porque ellos suponen que se gana o se pierde valor mediante un proceso de condicionamiento clásico, y Baum supone que las situaciones no tienen un valor hedónico, sino solo valores discriminativos.
  5. Este análisis local de la optimización es bastante consistente con la postura de Donahoe et al. Como ellos, este enfoque maneja el fortalecimiento de la respuesta como una parte de la contingencia de tres elementos. Por otro lado, este análisis asume que hay dos ecuaciones para el aprendizaje, una para el condicionamiento clásico y otra para el condicionamiento operante.

**¿QUÉ ES LO QUE SE APRENDE? REVISANDO UN VIEJO TÓPICO. B. A. WILLIAMS**

1. Los autores de este provocativo artículo argumentan que un enfoque S-R para la conducta es una suposición implícita para las redes conexionistas como modelos de la conducta. Más exactamente, su modelo S-R se describe mejor como un modelo S-O-R, debido a que la mayor parte de la variabilidad de la conducta no proviene de las variaciones en el input del estímulo, sino de las diferencias en la actividad, incluyendo la actividad espontánea, entre los núcleos de la red interventora. Los autores dejan en claro que, estas suposiciones hacen difícil diferenciar su enfoque S-R del análisis operante tradicional, que se hace en términos de la triple relación de contingencia.
2. Aunque los autores aclaran que su análisis tipo S-R no necesariamente requiere de una explicación causal de la conducta en términos del estímulo particular que elicit (provoca directamente) cada respuesta, su enfoque comparte con otros enfoques S-R (Thorndike, Hull) la suposición de que la función del reforzador es la de producir una catálisis de asociaciones S-R, sin entrar en la relación asociativa en sí misma. El modelo de Donahoe et al utiliza la liberación de dopamina como el agente que incrementa el peso de las conexiones entre diferentes elementos de la red. Este denominado reforzador, como el reforzador en la teoría S-R tradicional, se mantiene fuera de la red asociativa.
3. Un asunto importante es el que toca Donahoe et al, al preguntarse si es posible elaborar un modelo satisfactorio del condicionamiento, omitiendo cualquier papel a las relaciones asociativas respuesta-reforzador. Aunque el mismo Skinner evitó semejante análisis, otros prominentes analistas de la conducta se han preguntado si se puede entender el papel del reforzador simplemente en términos de catálisis de las conexiones S-R. Por ejemplo, Catania (1984, p. 77) escribe: "Las consecuencias de la respuesta son críticas para entender el aprendizaje, no porque este se derive de ellas, sino porque eso es lo que se aprende". Los desarrollos empíricos subsecuentes en la

teoría del aprendizaje asociativo han dado un gran apoyo a la perspectiva de Catania, de que la relación respuesta-reforzador es parte esencial de lo que se aprende en el comportamiento operante. Buena parte de este trabajo proviene de los estudios sobre devaluación del reforzador. Por ejemplo, Rescorla (1986) entrenó respuestas separadas usando diferentes reforzadores para cada respuesta, y luego, independientemente (sin que estuviera disponible la respuesta), devaluó uno de los reforzadores al aparearlo con veneno. Entonces, el sujeto regresó a la situación de entrenamiento con las dos respuestas disponibles, pero bajo extinción. Los resultados mostraron que solo a la respuesta que producía al reforzador devaluado anteriormente, se le decrementaba su fuerza. La especificidad del efecto parece más fácil de interpretar en términos de asociaciones específicas respuesta-reforzador. Donahoe et al están claramente al tanto de la importancia de estos estudios de devaluación, ya que Donahoe y Palmer (1994, pp. 108-109) proporcionan una explicación de este efecto básico. Sin embargo, la forma en que manejan el asunto los compromete a una interpretación en términos de una teoría bifactorial, en la que la anticipación condicionada del animal por la recompensa, produce estímulos que adquieren control discriminativo.

4. Posiblemente la evidencia más directa de que los estímulos discriminativos sirven como señales para la relación respuesta-reforzador en efecto (y por ello no pueden ser reducidos a ser productores directos de la respuesta), proviene de los estudios de control del estímulo que usan el bloqueo (bloking) como herramienta de análisis (Colwill & Rescorla, 1990, Experimento 3; Rescorla, 1990). En la fase previa al entrenamiento de estos estudios, cada una de dos respuestas producían uno de dos reforzadores diferentes en presencia de un estímulo discriminativo (A), y no se daba ningún reforzador durante la ausencia del estímulo. En la fase de condicionamiento con un estímulo compuesto, se adicionaron dos nuevos estímulos para formar dos compuestos de estímulo diferentes, BA y CA. En presencia de BA, la relación respuesta-reforzador era la misma que en el pre-entrenamiento, mientras que en presencia de CA se puso en efecto la relación respuesta-

reforzador opuesta. Luego se probaron por separado los elementos B y C, para determinar si habían adquirido control de estímulo sobre la respuesta. En ambos estudios, el elemento B no mostró control de estímulo, mostrando bloqueo, pero el elemento C sí adquirió control. La interpretación más plausible de estos resultados es que el control de estímulo depende de si el estímulo proporciona información nueva sobre la relación respuesta-reforzador. El reto que yo le pongo a Donahoe et al, es que demuestren que su modelo conexionista puede ser capaz de explicar estos resultados. Y ya que el reforzador en sí mismo no está representado en la red, no veo cómo puedan dar una explicación.

5. El tema de qué elementos están involucrados en las relaciones asociativas también resulta importante cuando los autores distinguen entre condicionamiento pavloviano e instrumental. Ellos ciertamente tienen razón en que las respuestas necesariamente ocurren en presencia de algún estímulo en el momento del reforzamiento y en que la mayor diferencia entre estos dos tipos de contingencias es el grado de restricción en la co-ocurrencia de los diferentes fenómenos. Pero, una gran cantidad de evidencias apuntan a que las relaciones asociativas en el condicionamiento pavloviano, no pueden reducirse a conexiones S-R. Por ejemplo, si se aparea un tono con alimento, en un procedimiento de automoldeamiento, éste provocará respuestas de orientación, pero no picoteo. Si ahora se hace el tono contingente a la primera ocurrencia de la iluminación de la llave, ocurrirá el picoteo a la llave. Lo que pareciera que ocurrió, es que el tono ha asumido el estatus de un sustituto del alimento y la conducta que elicitada es cierta combinación de los efectos incondicionados del reforzador y del estímulo particular que sirve como CS. La mayor suposición de la teoría S-R es que lo que se aprende es la manera de comportarse ante un estímulo, por lo que la interpretación del condicionamiento pavloviano en términos de sustitución de estímulo, omite un ingrediente crítico de la relación asociativa S-R. La evidencia de la interpretación mediante sustitución de estímulo, en lugar de la asociación S-R, es, para mí, irresistible.



6. Muy aparte del tema de qué es lo que se aprende, hay varios otros temas que promueven Donahoe et al para apoyar una postura teórica que se abre a la crítica. Aunque no queda claro de qué manera estas posiciones resultan intrínsecas a su modelo conexionista. La más amplia es la de su compromiso con el análisis momento a momento de los fenómenos, como la ley de igualamiento, vista en términos de estados de estímulo cambiantes, aún cuando la evidencia disponible parece apoyar una interpretación molar. Y ya que el tema molar-molecular se ha discutido ampliamente en la literatura, puede ser útil considerar algunas de sus implicaciones sobre el modelo conexionista.
7. Un tema determinante es el del tipo de regla que opera en una situación de elección y que gobierna la selección de la respuesta. El análisis S-R implícitamente asume que la regla es una de maximización o de que "el ganador se lleva todo", en la medida de que cualquier respuesta que tenga la mayor fuerza asociativa (peso), es la que será provocada (elicitada). En contraste con esta regla está la regla de igualamiento, que supone que las diferentes respuestas se emiten proporcionalmente a su fuerza asociativa. El tema aún no está resuelto (ver Williams, 1994), pero Donahoe et al dicen que la evidencia favorece al enfoque de maximización momentánea. Yo estoy en desacuerdo con esta interpretación de la evidencia. Aunque es verdad que las contingencias momentáneas, definidas como estados fluctuantes de estímulo, puedan controlar la conducta cuando son suficientemente fuertes, no parece ser el caso de que los fenómenos molares, que han dominado en la investigación operante en los últimos 30 años, puedan ser fácilmente reducidos a los efectos moleculares.
8. Los resultados del estudio de Williams (1991) nos proporcionan un ejemplo. En ese estudio las ratas fueron entrenadas en una tarea de aprendizaje probabilístico con ensayos discretos en el que las contingencias locales siempre favorecieron secuencias de respuestas hacia ganar y hacia perder (alternaciones), pero eran asimétricas para las dos respuestas, haciendo que fueran diferentes las tasas molares de reforzamiento para las dos respuestas. Los resultados fueron que ocurrió cierto control modesto de las contingencias locales cuando los intervalos entre los ensayos eran cortos, pero estas contingencias se

discriminaron pobremente cuando los intervalos entre los ensayos eran más largos. Y más importante, las aproximaciones a la regla de igualación fueron más cercanas con los ITIs largos, cuando las contingencias locales tenían menos control sobre la conducta. El reto para Donahoe et al es cómo explicar con un análisis momento a momento la conducta de elección, cuando las contingencias asociadas con el ambiente estimulativo local aparentemente no pueden dar cuenta del patrón de conducta obtenido.

9. Un ejemplo especialmente retador, contra lo inadecuado de los modelos moleculares, proviene del estudio de Neuringer (1992). La respuesta de las ratas era reforzada en programas VI separados, cuando la conducta cumplía un criterio de repetición o de comportamiento azaroso (respuesta aleatoria). Los resultados mostraron un aproximado igualamiento de los dos tipos de respuesta, ante sus frecuencias relativas de reforzamiento. Dado que una de estas alternativas de respuesta no podía predecirse con una base momento a momento y que investigaciones anteriores (Page & Neuringer, 1985) habían demostrado que aprender a responder aleatoriamente no es el resultado de una estrategia de memoria, la equivalencia funcional de tal comportamiento con el comportamiento normal y sus conocidos estímulos controladores, se convierte en un reto conceptual para cualquier tipo de análisis S-R.
10. Un tema final que merece consideración es el del estatus del asociacionismo en general. Gallistel (1990) argumenta congruentemente que el aprendizaje no es la formación de vínculos asociativos, sino que se trata de representaciones de la estructura del ambiente. En otras palabras, el animal adquiere conocimiento verídico de las propiedades espaciales y temporales de eventos importantes, el cual es mediado solo indirectamente por la forma en que esos eventos hacen contacto con la conducta por la vía de las contingencias de reforzamiento. Por ejemplo, en su forma de ver, la regla de igualamiento es producto de que el animal tenga conocimiento de las diferentes distribuciones de los intervalos entre reforzamientos contingentes sobre cada respuesta alternativa y no es el resultado del número de apareamientos de la respuesta con el reforzador o de la

probabilidad de que una respuesta sea reforzada. Ahora existe suficiente evidencia a favor de este análisis (Gibbon, Church, Fairhurst & Kacelnik, 1988; Mark & Gallistel, 1994; Williams, 1993).

**RÉPLICA: LA UNIDAD PARA LA SELECCIÓN ¿QUÉ REFUERZAN LOS  
REFORZADORES? J. W. DONAHOE, D. C. PALMER & J. BURGOS**

1. Empezaremos estipulando tres aspectos centrales sobre los que tanto nosotros como la mayoría de los comentaristas estamos de acuerdo. Primero, los efectos de los reforzadores sobre la conducta pueden muy bien demostrarse bajo condiciones donde los antecedentes de la conducta no sean identificados. Esto es, que emergen relaciones funcionales ordenadas entre operantes y reforzadores, cuando el análisis experimental de los efectos de los antecedentes resulta imposible o impráctico. Segundo, los reforzadores contingentes a la respuesta comúnmente alteran el control de las respuestas ejercido por sus antecedentes. Esto es, que el control discriminativo de la respuesta es "prácticamente inevitable" (Skinner, 1937, p. 273). Tercero, los antecedentes manipulables de la conducta son típicamente eventos ambientales, en los casos en los que se les puede someter a un análisis experimental, pero pueden incluir también eventos encubiertos o privados (intraorganísmicos).
2. En los que diferimos de algunos comentaristas (en menor número de los que hubiéramos supuesto) es respecto a que no podemos escapar del control de los antecedentes, incluyendo las ocasiones en que estos no puedan ser manipulados... Debido a que se ha demostrado que las contingencias respuesta-reforzador alteran el control de la conducta por parte de sus antecedentes, en todas las circunstancias donde es posible manipularlos, se puede presumir de un control semejante bajo condiciones donde no sea posible el análisis experimental de los efectos de los antecedentes. Desde nuestro punto de vista, no hacerlo así nos llevaría a pensar que tales eventos no existen si no los sentimos y ya hace mucho tiempo Skinner rechazó esta forma estéril de operacionalismo (Skinner, 1945).
3. En lo que sigue, consideraremos tres tópicos generales que se asocian con la mayoría de los puntos específicos contenidos en los comentarios.
4. Las Unidades de Selección y los Niveles de Análisis.- Nuestra posición en este tema es que las relaciones antecedente-conducta son unidades apropiadas de selección

- para el análisis conductual, en las que el antecedente viene a ser un estímulo ambiental, la mayoría de las veces. Brevemente, los reforzadores alteran la fuerza de las relaciones antecedente-conducta y no solo la conducta aisladamente. Si se sostiene este enfoque, abre el camino para explicar parsimoniosamente una amplia variedad de fenómenos que se han encontrado en procedimientos discriminativos y no discriminativos (operantes libres) y en procedimientos operantes y respondientes (pavlovianos).
5. Las relaciones antecedente-conducta son el objeto de la selección mediante el reforzamiento, de la misma manera que las características fenotípicas son el objeto de la selección natural. En el nivel neuronal, la eficacia sináptica a lo largo de las rutas que median las relaciones antecedente-conducta, son el sustrato físico de la selección mediante el reforzamiento de los sistemas dopaminérgicos, de la misma manera que, en el nivel genético, los genes son el sustrato de la selección natural por el ambiente ancestral.
  6. No es que un nivel de análisis esté "bien" y otro esté "mal", sino que uno u otro nivel es más o menos apropiado para el fenómeno en estudio. En el nivel conductual, la actividad neuronal que subyace la respuesta es invisible para el ambiente reforzante. Sin importar que población de actividad neuronal produce la respuesta, el reforzamiento fortalece el control ambiental de esa respuesta y, al hacerlo así, modifica la eficacia sináptica intermedia.
  7. Sobre el tema general de los niveles de análisis (escalas de medida), no tenemos nada que agregar a la postura de Skinner que se apoya en una filosofía de la ciencia normativa: (a) los principios generales surgen de inducciones a partir del análisis experimental de observaciones particulares de naturaleza pública, (b) tales principios son validados mediante observaciones independientes en su propio nivel de análisis, y, cuando se validan, se dice que explican los fenómenos observados, (c) los principios, a su vez, son explicados por observaciones a niveles más bajos de aquéllos en los que se formularon dichos principios.
  8. En el análisis conductual, el asunto de los niveles de análisis surge en el contexto del debate molar-molecular..

- No hay niveles molares y moleculares inherentes, estos términos son relativos... y ambos enfoques son incompletos.
9. Los efectos de la Selección mediante el Reforzamiento.- El enfoque respecto al desarrollo del condicionamiento en LCB y en otros documentos, propone un solo principio de selección mediante el reforzamiento... Este principio funcional se aplica a todas las respuestas que se adquieren mediante contingencias operantes y respondientes. Las respuestas autónomamente mediadas son sencillamente excluidas como candidatas para la selección directa a través de contingencias operantes, pero son, a pesar de todo, adquiridas cuando se implementan las contingencias operantes... Una de las implicaciones más importantes del principio unificado del reforzamiento es que el resultado del condicionamiento "depende de las interacciones entre estímulo y respuestas, que son candidatas de inclusión en la relación ambiente-conducta seleccionada" (LCB, p. 52).
  10. La Motivación y los Estímulos Internos.- Los estímulos internos son producidos por la retroalimentación de la actividad neuronal y motora y se pueden hacer objetivas como conexiones recurrentes dentro de las redes neuronales.
  11. Al privar a un organismo del contacto con un estímulo, este estímulo típicamente se convierte en un elicitador más vigoroso de la conducta. Como tal, el estímulo es capaz de funcionar como un reforzador más efectivo, porque su presentación produce una discrepancia conductual mayor. De ahí que, las funciones discriminativas y disposicionales de ocasión, así como las operaciones motivacionales en general, pueden ser muy bien implementadas en las redes neuronales. Una función discriminativa se obtiene cuando la operación motivacional diferencialmente activa algunas unidades de la red. Una función motivante se logra cuando la operación motivante activa de manera no diferencial un rango de unidades de la red. En cualquier caso, los niveles de activación de las unidades en la red son alterados, con lo que también se cambian cuáles conexiones serán elegibles para ser modificadas por el reforzador (neuromodulador).
  12. Operaciones Reforzantes.- Se ha propuesto que un estímulo puede funcionar como un reforzador en la medida

en que, a un nivel conductual, provoque una discrepancia conductual y, en el nivel neuronal, ocasione la liberación de dopamina en las conexiones sinápticas entre neuronas co-activas pre y postsinápticas. Las tres maneras en que un estímulo puede funcionar como un reforzador pueden ser interpretadas en los términos de esta explicación. Primero, un estímulo como la cocaína, que funciona incondicionalmente como reforzador, produce la liberación de dopamina (y otros neuromoduladores) y bloquea su reabsorción.

Esto incrementa las concentraciones de dopamina en la conexión sináptica y, consecuentemente, promueve el reforzamiento a un nivel celular. Segundo, la privación aumenta la función reforzante de un estímulo mediante el aumento en la habilidad de este estímulo para producir la liberación de dopamina por las fibras que se originan en VTA. Entre otros, este efecto se ha demostrado usando microdiálisis en vivo para detectar los efectos de la privación en la liberación de dopamina en el nucleus accumbens y en la corteza frontal. Tercero, el asociar un estímulo con un conocido reforzador puede establecer a este estímulo como un reforzador condicionado mediante el fortalecimiento de rutas de retroalimentación provenientes de la corteza frontal y del neostriatum hacia VTA.

13. Reforzamiento Condicionado.- Se ha propuesto que los reforzadores incondicionados tienen dos efectos. Primero, obviamente, fortalecen la respuesta que les precede. Esta es la característica definitoria del reforzamiento en el nivel conductual y se acompaña, en el nivel neuronal, de la liberación de dopamina por las neuronas VTA, con el consecuente fortalecimiento de la eficacia sináptica entre neuronas que provienen de las áreas sensoriales y se proyectan a las áreas motoras. Segundo, al mismo tiempo que se fortalecen las relaciones ambiente-conducta, la eficacia sináptica se ha incrementado a lo largo de otras rutas provenientes de la corteza frontal (y del neostriatum), de regreso a VTA. Conforme estas rutas de retroalimentación se fortalecen, el estímulo apareado con el reforzador incondicionado se torna capaz, *por sí mismo*, de activar VTA. Brevemente, los reforzadores condicionados aprovechan las rutas de retroalimentación para activar

- VTA... Se dice que estas rutas de retroalimentación implementan un *reforzamiento interno*.
14. Ya que no existen rutas de retroalimentación desde la corteza y el neostriatum hacia el sistema autonómico, no hay posibilidad de un mecanismo de reforzamiento interno, lo que explica que no se puedan condicionar las respuestas autonómicas.
  15. Devaluación.- Mucho del trabajo experimental dentro de la tradición asociativa se ha realizado fraccionando la "estructura asociativa" en sus partes constituyentes. Así, se dice que el condicionamiento pavloviano involucra la adquisición de asociaciones estímulo-reforzador, mientras que el condicionamiento operante involucra, adicionalmente, asociaciones respuesta-reforzador. Este asunto no puede evaluarse completamente aquí. Desde nuestro punto de vista, ha sido extremadamente productivo en el terreno experimental, pero es conceptualmente débil.
  16. La devaluación es uno de los fenómenos que han sido tomados como evidencia de la formación de asociaciones respuesta-reforzador. En el experimento típico de devaluación, una respuesta es adquirida usando un reforzador, al cual luego se somete a una operación que altera (devalúa) su efecto reforzante. Posteriormente, al regresar al ambiente donde se adquirió originalmente la respuesta, se encuentra que esta se debilitó en contraste con los niveles apropiados de control ¿cómo explica este fenómeno nuestro enfoque en LCB?
  17. Nuestra interpretación explota el hecho de que la CR se adquiere antes que la operante en nuestras simulaciones con redes neuronales bajo condiciones que son conductual y neurológicamente plausibles. Si los procesos neuronales que llevan a las CRs se adquieren antes que las operantes y si los procesos CR son discriminables, entonces el estímulo interno producido por los procesos CR se encontraría en una posición temporalmente favorable respecto a la operante, como para adquirir control discriminativo sobre la operante. (No dejamos de ver la relación de esta nuestra propuesta con el mecanismo  $r_g - s_g$  de Hull, 1934). De esta manera, la operante cae bajo el control tanto del estímulo ambiental como del estímulo interno producido por la CR que precede a la operante... Cualquier manipulación subsecuente que altere el control



discriminativo ejercido por este estímulo producido por CR(UR), también puede debilitar a la operante, al grado que el estímulo producido por la CR evoque respuestas neurales y conductuales que interfieran con la operante (LCB, pp. 108-109). Esta interpretación de la devaluación se relaciona con la teoría bifactorial, pero no le ascribe una función motivacional al estímulo producido por CR y no considera a este estímulo como necesario para que ocurra la operante.

18. Representaciones y Procesos Sensoriales.- En el nivel conductual, los estímulos se definen funcionalmente (son eventos que controlan la conducta como resultado de la selección natural o de la selección mediante el reforzamiento). En el nivel neuronal, también pueden definirse funcionalmente (son eventos presinápticos, incluyendo los eventos ambientales, que controlan los disparos de las neuronas postsinápticas).
19. Los eventos ambientales son simulados mediante la activación de una o más unidades de entrada, a partir de la actividad de diferentes grupos de unidades correspondientes a diferentes eventos como luces o tonos...
20. ...bajo ciertas condiciones como en el caso del condicionamiento configuracional, se incrementa el peso de las conexiones desde múltiples conjuntos de unidades de entrada, hacia algunas unidades interiores, en la porción de la red donde se encuentra la asociación de los estímulos. En este último caso, el estímulo reforzante, mediante sus efectos sobre la salida del hipocampo, ocasiona que una subpoblación de unidades forme una subred de asociaciones sensoriales que puede decirse que "representa" la conjunción de estímulos (Ejemplo: un estímulo compuesto de luz y tono).
21. Estímulos Aversivos.- Varios comentaristas plantearon cuestiones acerca del tratamiento de los estímulos aversivos en el contexto de un principio unificado de reforzamiento ¿cómo puede el mismo principio ser consistente tanto con el fortalecimiento de la respuesta (reforzamiento) como con el debilitamiento de la respuesta (castigo)?
22. Los estímulos aversivos son estímulos que, por definición, evocan respuestas de escape o de retiro. Recordemos que los reforzadores tienen dos efectos:

- (a) llevan a la adquisición tanto de la operante (R) como de la respuesta elicitada por el reforzador (UR). (b) la respuesta condicionada (CR) se adquiere antes que R. En el caso de un estímulo aversivo elicitor, la UR es una de retiro y compite exitosamente con la operante, evitando que esta sea fortalecida por el elicitor aversivo.
23. De acuerdo con lo propuesto, el castigo es producido por la más rápida adquisición de respuestas de retiro condicionadas, que de operantes. Este enfoque es paralelo al tratamiento que dio Skinner (1953) al castigo, en el que el estímulo aversivo se decía que debilitaba solo indirectamente a las respuestas que lo producían.
24. Hay que notar también que la interpretación del castigo proporcionada por el principio unificado del reforzamiento, predice que la estimulación aversiva podría funcionar como reforzador, bajo ciertas circunstancias. Si la operante que precede a la estimulación aversiva es topográficamente similar a las respuestas elicitadas por el estímulo aversivo, entonces éste podría fortalecer a la operante.
25. Las Redes Neuronales y la Neurociencia.- La parte final de ésta réplica se refiere a la relación entre el análisis conductual y la neurociencia, particularmente respecto a la interpretación del comportamiento a partir de las redes neuronales. Se trata de un tema amplio del que los comentaristas expresaron varias importantes ideas. Aquí, brevemente consideraremos dos aspectos: ¿Como y en qué medida deberá la investigación sobre redes neuronales, tomar información de las neurociencias? ¿a partir de qué principios deberá diseñarse la estructura de las redes neuronales (su arquitectura o "neuroanatomía")?
26. Antes de entrar de lleno sobre estas cuestiones, nos gustaría suscribir la propuesta de que el análisis de la conducta es una ciencia cuya independencia resulta intocable debido a su relación con la neurociencia.. Ciertamente, "el análisis conductual seguirá siendo verdadero y válido, aunque no se especifiquen los mecanismos neuronales subyacentes" (Moore, p. 144). Aunque, nosotros creemos que ganaríamos mucho si las simulaciones también tomaran información de las neurociencias.

27. Las Restricciones de la Neurociencia y los Reportes de Investigación de las Redes Neuronales.- A las redes neuronales se les ha considerado como computacionalmente universales. Es decir, que pueden computar cualquier función de entrada-salida, teniendo una libertad ilimitada para elegir la arquitectura de la red y los pesos de las conexiones... Sin embargo, si las características de las redes neuronales se restringen por el análisis experimental independiente de las neurociencias y de la conducta, entonces el número de posibilidades para diseñar las redes se reduce y podemos considerar una simulación exitosa, como algo más que el ejercicio de ajustar una curva. Se trata de una interpretación científica... Aún cuando estas restricciones sean demasiado "gentiles", pues aspectos críticos de la información neuroanatómica relevante son de al menos 10 años atrás.
28. Nuestro algoritmo de aprendizaje, por otro lado, se restringe a partir de la información de las neurociencias y no es una simple inferencia a partir de la conducta, aunque los efectos del algoritmo deban ser consistentes con las observaciones conductuales. El algoritmo de aprendizaje tampoco tiene que ver con el implausible algoritmo de propagación hacia atrás, que se utiliza en mucha de la investigación conexionista y en la psicología cognitiva. Nosotros empleamos un algoritmo que es el resultado de la evidencia convergente en el nivel celular.
29. Arquitectura Neuronal y Neurociencia.- La investigación con redes neuronales se ha concentrado fundamentalmente en el algoritmo de aprendizaje. La arquitectura de la red neuronal generalmente ha sido hecha artesanalmente por el investigador, para llevar a cabo las tareas impuestas. Sin embargo, ya que la arquitectura determina las relaciones ambiente-conducta que las redes pueden mediar, la elección de una arquitectura también debe derivarse de algún principio. (La arquitectura de la red es una instancia del problema más general de la estructura, con el que el análisis conductual se ha peleado por mucho tiempo y cuyo enfoque funcional lo distingue de la mayor parte de la psicología y la lingüística).
30. Un resumen de nuestro programa de investigación sobre la simulación de la estructura y la función, se encuentra en la Figura de abajo. Se pueden identificar ahí tres áreas:

la investigación conductual sobre los efectos de las relaciones entre los eventos ambientales y la conducta individual (el algoritmo ambiental); la investigación bioconductual sobre la selección de las relaciones ambiente-conducta, por el ambiente individual (el algoritmo de aprendizaje) y, la investigación biológica sobre la selección por el ambiente ancestral de genes simulados que diseñan la estructura de las redes (el algoritmo genético).

