



El condicionamiento operante del nado en ratones: un estudio exploratorio

The operant conditioning of swimming in mice: An exploratory study

Artículo recibido el 1 de mayo y aceptado el 7 de junio de 2018.

DOI: <https://doi.org/10.62364/fbzw4a12>

Resumen. En este estudio se presentan tres experimentos diseñados para evaluar la capacidad de la preparación de nado con rescates a fin de replicar hallazgos reportados por la literatura sobre condicionamiento operante con preparaciones de operante libre. En los estudios, se exponen ratones a una situación de nado, que puede terminarse si el animal toca un rectángulo en la pared de un contenedor de agua. En general, los tres estudios replican hallazgos prototípicos de la literatura experimental sobre demora señalada y no señalada. Es decir, el tiempo de activación de rescate (TAR) es más corto con demora señalada que no señalada. El TAR es una función directa de la duración de la demora, y el TAR en condiciones de demora es más largo que en condiciones de reforzamiento inmediato. En síntesis, el estudio sugiere que la preparación de nado con rescates replica fenómenos producidos con preparaciones de operante libre. El estudio también sugiere que la demora de recuperación de recompensa podría desempeñar un importante papel para explicar el efecto de separar la respuesta procuradora del reforzador. Finalmente, se sugiere que el número de sesiones experimentales es relevante para la producción de los efectos prototípicos de la demora del reforzador.

Indicadores. Preparación de nado con rescates; Demora del reforzador; Condicionamiento operante; Ratones.

Abstract. This study presents three experiments designed to assess the capacity of swimming with rescue preparation (SRP) to replicate prototypical findings within the domain of delayed reinforcement in operating conditioning. Mice were exposed to a swimming situation where escape was possible if the animal touched a painted rectangle on the container wall. In general, the three studies replicate prototypical findings within the domain of signaled and non-signaled delayed reinforcement. For instance, rescue activation time (RAT) was shorter with signaled delayed reinforcement; additionally, RAT was a direct function of delay duration; finally, delayed reinforcement conditions were associated with longer RAT than immediate reinforcement. In summary, the SRP replicates free operant responding phenomena. The study also shows that reinforcement recovery time could probably be an important factor in the explanation of reinforcement delay. Finally, the study also shows that the number of experimental sessions is a key for the production of prototypical delay of reinforcement findings.

Keywords. Swimming with rescue preparation; Reinforcement delay; Operant conditioning; Mice.

Marco A. Pulido y Alejandro Manzano

Centro de Estudios Superiores Monte Fénix

Los autores desean agradecer al APIEC-UIC, al Centro de Estudios Superiores Monte Fénix, al Dr. Ricardo Rivas y a la Mtra. Perla Vázquez por todas las facilidades brindadas para la conducción del presente estudio.

Av. Universidad 1330 A, 1102, Col. Del Carmen, Del. Coyoacán, 04100 Ciudad de México, México, tel. (55)73-85-44, ext. 3325, correo electrónico: mpulido@uic.edu.mx.

INTRODUCCIÓN

La investigación científica sobre el comportamiento de los roedores en el agua, comenzó a mediados del siglo pasado con los estudios de Richter (1957). Dicha investigación, que tenía poco interés en fenómenos de condicionamiento, en realidad empezó como un intento por replicar experimentalmente fenómenos de “muerte vudú” reportados en contextos naturales por Cannon (1942) y Moritz y Zamcheck (1946). El fenómeno de “muerte vudú” o “muerte súbita” fue descrito por Cannon como un ejemplo de cómo el miedo extremo y la activación desmedida de emociones pueden vincularse con el funcionamiento fisiológico de los individuos, y eventualmente matarlos. Richter (1967) asumió que dichos fenómenos podrían replicarse en el laboratorio si se exponía a roedores a situaciones que generaran temor; después de varios intentos, sus investigaciones se centraron principalmente en colocar a ratas en cilindros de metal hasta su muerte; una vez muerto el animal se procedía a la autopsia. Dicho autor exploró diferentes formas de hacer la experiencia “más estresante al roedor” (cf. Broekkamp, Leysen, Peeters y Pinder [1995]); en general, sus datos mostraron que mientras más estresante resultaba la situación, más probable era encontrar muerte por arritmia o por colapso vascular, resultado de una sobreactivación de la amígdala y el hipocampo. Además de su uso inicial como un modelo de “muerte

súbita”, la preparación también se ha utilizado como un modelo de depresión en roedores. Específicamente, Richter encontró que cuando los roedores son expuestos durante un tiempo prolongado a la situación de nado forzado, eventualmente dejan de moverse y “permanecen quietos flotando en el agua”. El hallazgo ha sido interpretado como evidencia de depresión o de desesperanza (Borsini y Meli, 1988; Lucki, 1997; Porsolt, Le Pichon y Jalfre, 1977; Porsolt, Anton, Blavec y Jalfre, 1978). Puede o no coincidir con esta interpretación de un hecho conductual, pero es necesario reconocer que la preparación de nado forzado ha sido utilizada ampliamente en la investigación farmacológica para probar medicamentos antidepresivos (cf. López y Lucki, 2000). La lógica de esta investigación fue la de que si un fármaco aumenta el movimiento del roedor en la prueba de nado forzado, entonces debe tener efectos antidepresivos. Richter (1957) reportó que la actividad de las ratas en la prueba de nado forzado también puede aumentar si el roedor es “rescatado” del agua “un par de ocasiones”, hallazgo que fue replicado por Blink, Theriault y Shustack (1977). Tal hallazgo se ha interpretado en términos de que los rescates “aumentan la esperanza” del animal, lo que a su vez incrementa su actividad (Seligman, 1974). Sin embargo, existen formas alternativas de interpretar el mismo hallazgo. Una de esas formas tiene que ver con los experimentos sobre superstición llevados a cabo por Skinner en 1948, que

mostraron que la distribución periódica de alimento no contingente dado a palomas aumenta la frecuencia de comportamientos específicos. La interpretación inicial de este hallazgo fue hecha en términos de las “creencias” o “supersticiones” de la paloma; pese a ello, hoy en día ciertos experimentos conducidos por Staddon y Simmelhag (1971) han demostrado que el alimento no contingente aumenta el comportamiento por su cercanía temporal con respuestas que son más o menos frecuentes a lo largo del ciclo entre comidas; es decir, cuando se entrega el alimento, existe la probabilidad de que coincida temporalmente con algún comportamiento del animal; dicha coincidencia aumentará la probabilidad de ocurrencia del comportamiento en cuestión, lo que a su vez incrementa la probabilidad de que vuelva a coincidir con la entrega de alimento.

El hallazgo de que rescates no contingentes aumentan la frecuencia de nado en las ratas fue replicado por Bruner y Vargas (1991), quienes sometieron ratas a rescates periódicos de acuerdo con programas de tiempo fijo y tiempo variable de 20 minutos. Al igual que en los estudios previos, los rescates aumentaron la frecuencia de nado. Un hallazgo interesante del estudio de los citados autores fue que la frecuencia de nado aumentó en mayor magnitud en la condición de tiempo variable que en la de tiempo fijo. Este resultado es interesante porque se sabe que los programas contingentes de intervalo variable producen más respuestas que los de intervalo fijo (Catania y Reynolds, 1968), sugiriendo así que las diferencias entre programas observadas por Bruner y Vargas (1991) podrían, en efecto, deberse a un proceso de condicionamiento operante.

Tal posibilidad fue explorada por Pulido et al. (2014). A lo largo de cuatro experimentos, mostraron que los ratones sometidos a una situación

de nado de la que pueden escapar tocando un rectángulo de color colocado en el espacio de nado en un programa de reforzamiento continuo, aumentan la frecuencia con que tocan dicho rectángulo; dicha frecuencia disminuye cuando el programa cambia a uno de extinción. Complementariamente, Pulido et al. (2014), con esa misma preparación, hallaron que los ratones aumentan la pausa posterior al reforzamiento en programas de razón cuando el número de respuestas requerido para el rescate aumenta (hallazgo bien conocido en la literatura operante [cf. Felton y Lyon, 1966]). Igualmente, replicaron el hallazgo bien conocido de que la demora del reforzador dificulta la adquisición de la operante libre (Pulido, Sosa y Valadez, 2006).

A pesar de que los estudios de Pulido et al. (2014) muestran resultados sugerentes, estos son relativamente difíciles de evaluar debido a que las condiciones experimentales estuvieron vigentes solo una sesión. Complementariamente, los procedimientos de demora pueden ser señalados o no señalados (Lattal, 1987), y cada uno de ellos produce efectos distintos. Así pues, el objetivo del primer experimento fue subsanar las deficiencias del estudio seminal de Pulido et al. (2014).

EXPERIMENTO 1

Se dice que un programa de reforzamiento es “demorado” cuando la emisión de la respuesta procuradora y la entrega del reforzador se separan temporalmente (Skinner, 1938). De forma complementaria, la demora del reforzador puede ser señalada o no señalada. En el primer caso, la emisión de la respuesta activa un estímulo exteroceptivo (una luz, un sonido, etc.) durante el intervalo de demora; en el segundo, no hay estímulos exteroceptivos (aunque sí podría haber

estímulos propioceptivos durante ese intervalo [Chritchfield y Lattal, 1993]). Diversas revisiones sobre los efectos de la demora del reforzador en el condicionamiento operante coinciden en cuanto a los efectos que la misma tiene sobre la conducta instrumental (Lattal, 2010; Renner, 1964; Tarpy y Sawabini, 1974), y múltiples experimentos han mostrado que un aumento en la duración de la demora disminuye la frecuencia de la respuesta operante, de un modo más o menos proporcional a la duración de aquella. Tal efecto recibe el nombre de gradiente de demora. El gradiente en cuestión depende estrechamente de la programación del intervalo de demora: en la ausencia de señales la tasa de respuesta disminuye de manera abrupta aun con demoras de unos cuantos segundos; cuando el intervalo de demora se encuentra señalado, la caída es más modesta (cf. Pulido et al., 2004).

Hasta hoy, hay evidencia que sugiere que el nado forzado con rescates en los roedores puede entenderse como un fenómeno operante. Por ende, el objetivo del primer estudio fue obtener mayor evidencia, evaluando el efecto de aumentar sistemáticamente la duración de la demora y comparando las condiciones de demora señalada y no señalada.

Método

Sujetos. Se emplearon seis ratones de cuatro meses de edad de la cepa *Mus musculus* criados en el bioterio del laboratorio. Los sujetos se alojaron en cajas de acrílico individuales con acceso libre a comida y agua.

Instrumentos. Se emplearon cajas de acrílico rectangulares como escenario experimental. Las cajas tuvieron una longitud de 45 cm, un ancho de 23 cm y una profundidad de 21 cm. Antes de

introducir al ratón, se llenaba la caja con agua potable a una temperatura de 24 oC. Se colocaba agua hasta alcanzar a una profundidad de 17 cm, la temperatura de la misma se midió a través de un termómetro adherible, marca Fancy Pet®. La profundidad del agua se piloteó con la finalidad de encontrar una medida que evitara que el ratón pudiera escapar del agua o apoyarse con la cola, al igual que su temperatura, hallándose que a temperaturas cercanas a los 24 oC los sujetos podían nadar durante periodos de una hora sin riesgo de ahogamiento.

La caja se dividió en cuatro cuadrantes diferentes, lo que permitía identificar zonas de preferencia de nado, aunque eventualmente se observó que la distribución de frecuencia de nado a través de esas zonas era equiprobable.

Para “rescatar” al sujeto experimental se cortaron a la mitad contenedores de plástico de 10 cm de diámetro, proporcionando así al sujeto una plataforma estable, arriba de la cual podían permanecer fuera del agua. Las plataformas podían colgarse de los lados de la caja experimental, de forma que los sujetos podían trepar a las mismas sin ayuda del experimentador; podían igualmente retirarse de la caja a conveniencia del investigador. La plataforma se colgaba del borde de la caja mediante dos ganchos metálicos. La operante de interés consistió en hacer contacto con las dos patas delanteras en un rectángulo negro dibujado con tinta indeleble en la zona opuesta a aquella en la cual se colocaba la plataforma de rescate, el cual medía 4 cm de ancho por 10 cm de largo. Las Figuras 1 y 2 ilustran la preparación experimental.

Las sesiones experimentales se condujeron en el cuarto de experimentos del laboratorio. Dicho espacio, construido con bloques de concreto de

Figura 1. Dibujo esquemático de la preparación experimental.

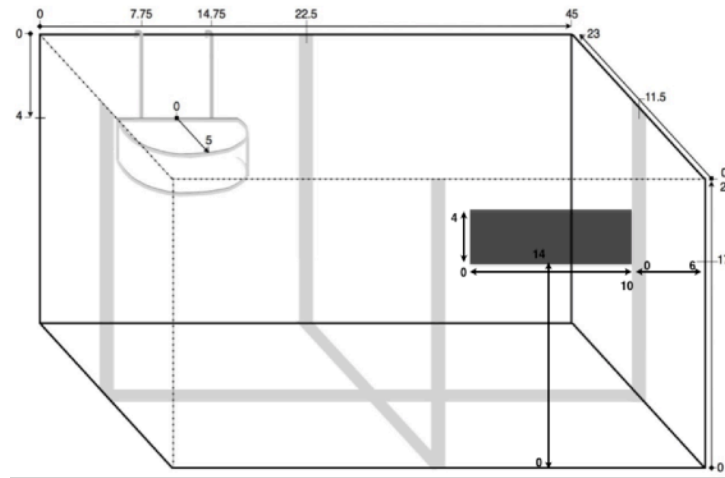
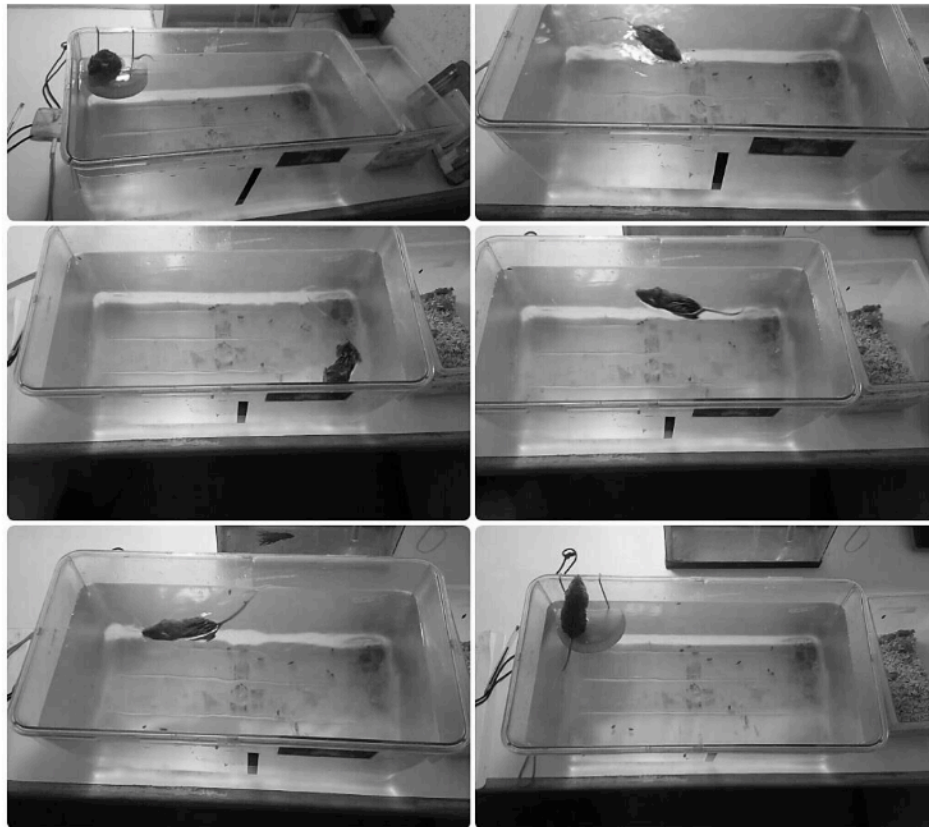


Figura 2. Estudio fotográfico.



20 cm de ancho, tiene una dimensión de 8 x 5 m, está sonoamortiguado y con una temperatura constante de 19 oC. Cuenta igualmente con un extractor de aire que funciona las 24 horas del día. Las sesiones experimentales se condujeron siempre a la misma hora y una vez que las actividades académicas habían concluido, tras de lo cual únicamente los observadores permanecían en el espacio experimental. El contenedor de agua se colocó en una mesa de madera a 70 cm del suelo, empotrada en el concreto, y a manera de house light, se colocó una luz roja de 40 watts en el techo central del laboratorio. Las señales de reforzamiento demorado señalado se implementaron usando un foco amarillo de 100 watts, colocado arriba (20 cm) y atrás (25 cm) del recipiente de nado.

Procedimiento. El presente estudio tuvo un diseño factorial de 2x3, en el cual una de las variables dependientes fue la presencia o ausencia de señales durante el intervalo de demora. La segunda variable independiente la constituyó la duración de la demora, misma que se fijó en 20, 40 o 60 segundos. Se empleó un diseño experimental tipo ABA, en el cual las condiciones de reforzamiento demorado alternaban con las de la línea base de RFC. Todos los animales pasaron por todas las condiciones experimentales en el mismo orden (empezando con la demora de 20 s y terminado con la de 60 s). La operante de interés fue el contacto de ambas patas frontales del animal con el rectángulo negro.

En las condiciones de reforzamiento inmediato, el contacto con el rectángulo activaba un rescate, y en las de reforzamiento demorado un contacto activaba el intervalo de demora (20, 40 o 60 s); después del cual se colocaba la plataforma de rescate (es decir, se empleó un programa tándem de demora variable RF1, TF, x-s). En

todas las condiciones, un rescate consistía en permitir que el animal permaneciera un minuto en la plataforma de rescate. En las condiciones de demora señalada, el contacto con el rectángulo encendía la luz amarilla, y en las condiciones no demoradas no se programaron estímulos exteroceptivos durante el intervalo de demora. La variable dependiente de interés fue el tiempo que transcurría entre el momento que se retiraba la plataforma (tiempo de activación de rescate, o TAR en lo sucesivo), y el contacto del sujeto con el rectángulo negro. Los TAR, así como los tiempos de permanencia en la plataforma, fueron registrados por parejas de observadores entrenados, y asimismo entrenados para determinar si la operante había sido emitida o no; la operante se consideraba emitida solamente si los dos jueces determinaban que había ocurrido. Los datos de los observadores se analizaron diariamente para determinar su confiabilidad. Solo aquellos datos que alcanzaron una confiabilidad de 80% o más fueron considerados para el análisis. Cada condición experimental estuvo vigente durante cinco sesiones, cada una de las cuales tuvo una duración de 20 minutos.

Antes de iniciar el experimento, todos los sujetos experimentales fueron sometidos a dos sesiones de un programa de TF 20-s. Este programa se instrumentó para entrenar al animal a subir al “rescatador” y evitar que se ahogara (Bruner y Vargas, 1991). Después de la sesiones de nado, se sacaba al sujeto del agua y se le colocaba en una toalla de algodón. Se colocaba al sujeto con esa toalla en su caja habitación, y la caja a su vez se colocaba dentro de un cuarto equipado con un calentador que mantenía una temperatura constante de 26 oC. El roedor permanecía en estas condiciones durante 20 minutos, al finalizar los

cuales se le regresaba al bioterio. No se registraron bajas experimentales durante la investigación.

El estudio se realizó siguiendo los lineamientos de la Universidad Intercontinental, mismos que se adhieren a la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio, así como a la Norma Oficial Mexicana NOM.087-ECOL-SSA1-2002 para el manejo de residuos biológicos.

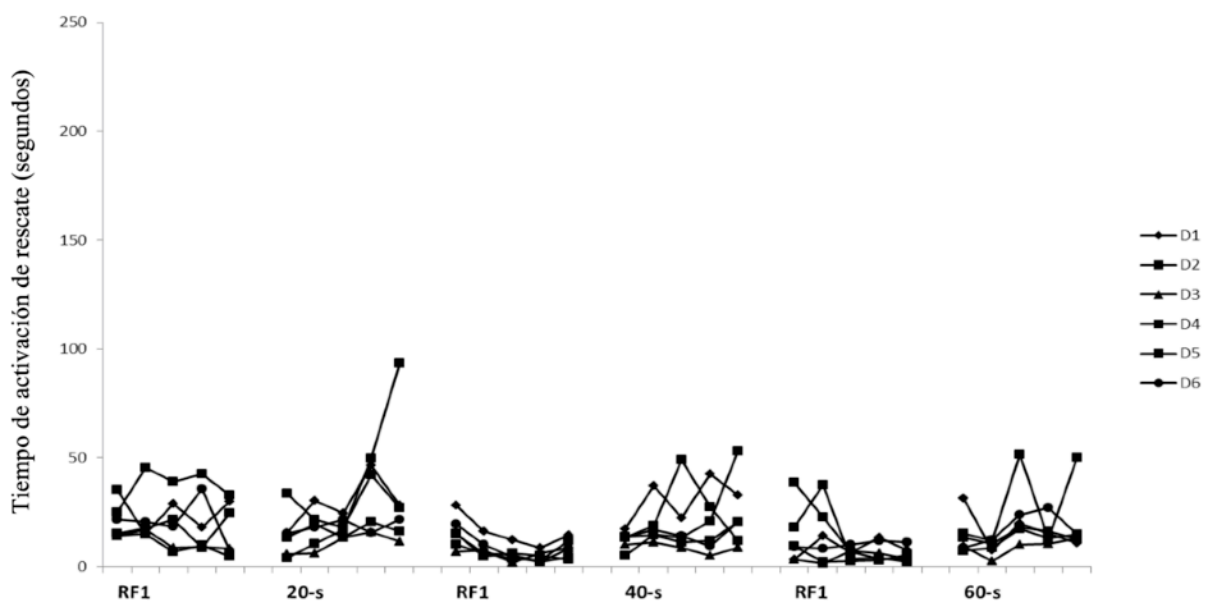
Resultados. La Gráfica 1 muestra, en la ordenada, el TAR promedio por sesión. En la abscisa se observan las condiciones experimentales. En la gráfica se observan únicamente las demoras señaladas. En la Gráfica 2 se presentan solo las no señaladas.

La Gráfica 1 muestra que los TAR son similares en condiciones de demora y de RFC. Pocas veces el TAR promedio por sesión excedió a los 50 s. En la Gráfica 2, las condiciones de demora expresan, en general, TAR más altos que las

condiciones de RFC. Las diferencias son más notables en la condición de demora de 60 s, y son menos contrastantes en las condiciones de demora de 20 s y 40 s.

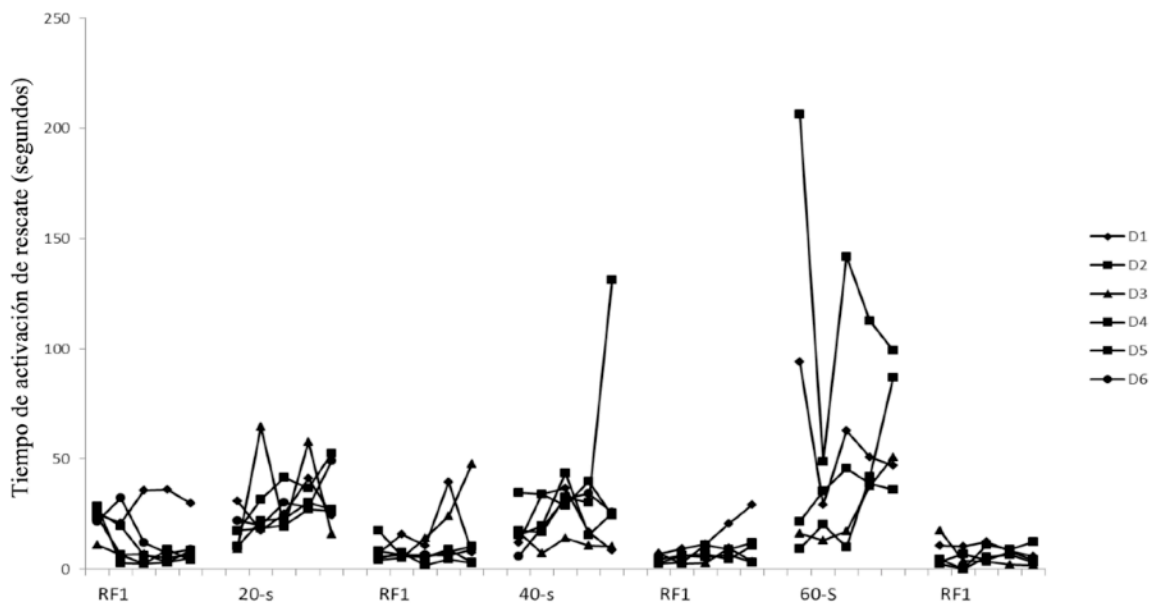
Con el fin de evaluar estadísticamente el efecto de las variables independientes, se llevó a cabo una prueba t de Student para comparar los promedios de TAR por sesión entre las condiciones de RF1 y las de demora. Los resultados mostraron que durante la demora los TAR fueron más altos y que la diferencia fue estadísticamente significativa ($t[63] = 6.2, p < .001$). Para evaluar el efecto de las señales sobre el TAR, se utilizó la misma prueba para comparar las condiciones de demora señalada y no señalada. La prueba mostró que el TAR fue más alto en la condición no señalada, y que la diferencia entre condiciones fue estadísticamente significativa ($t[28] = 3.71, p = .001$). Finalmente, se usó una prueba ANOVA de un factor para comparar el TAR en las tres

Gráfica 1. Demora señalada.



Gráfica 1. Condiciones experimentales.

Gráfica 2. Demora no señalada.



Gráfica 2. Condiciones experimentales.

condiciones de demora. La prueba mostró diferencias estadísticamente significativas ($f[2/27] = 3.35, p = .05$). Una prueba post hoc de Games Howell mostró que el TAR en la demora de 40 y 60 segundos fue superior al encontrado en 20 s; sin embargo, solo la condición de 40 s difirió estadísticamente de la de 20 s.

Discusión

En términos generales, los resultados del estudio coinciden con los reportados por Pulido et al. (2006) y Lattal (2010); es decir, las condiciones de demora se asocian con una menor cantidad de respuestas que aquellas con reforzamiento inmediato. Adicionalmente, los datos obtenidos muestran que los efectos de la demora son menos notables en condiciones de demora señalada que en las de demora no señalada. Finalmente, al menos en las condiciones no señaladas el aumento en la duración de la demora correlaciona de manera

inversa con la frecuencia de respuesta. A pesar de esas similitudes, hay dos hallazgos atípicos en los resultados obtenidos en el primer estudio, y ambos tienen que ver con la condición de demora señalada. En primer lugar, llama la atención el hecho de que los TAR, sean casi indistinguibles en las condiciones de RFC y en las condiciones de demora (incluso con demoras tan largas como las empleadas en este estudio). Existen trabajos que han sugerido que con demoras de 60 s es imposible la adquisición de la operante libre (Snycerski, Laraway, Byrne y Poling, 1999). Complementariamente, llama la atención que, el TAR haya disminuido en la transición de demora de 40 s a 60 s en lugar de aumentar. Hay al menos dos explicaciones para los fenómenos en cuestión. En primer lugar, podría ser que la preparación de nado forzado con rescates fuese una situación experimental más parecida a las preparaciones de ensayo discreto que a las de operante libre. En las primeras, se ha visto que los gra-

dientes de demora son menos abruptos que en las segundas (Hull, 1952; Perin, 1943; Spence, 1956). Otra posibilidad que diversos investigadores han sugerido (Catania, 1979; Keller y Schoenfeld, 1950; Sidman, 1960; Skinner, 1938) es que los efectos de las manipulaciones experimentales sobre la conducta operante son principalmente aprendidos. Así, es difícil evaluar el efecto de las variables independientes hasta que el sujeto experimental ha sido expuesto a las mismas por un periodo que le permita adaptarse a ellas. En ese sentido, tal vez las cinco sesiones de demora fueron insuficientes para evidenciar los efectos del nado forzado en las condiciones de demora señalada. Además, es posible que al programar las sesiones experimentales en un mismo orden para todos los sujetos experimentales (de menor a mayor demora) la experiencia en este tipo de programas se pudiera convertir en una variable confundida. Así, el objetivo del segundo experimento fue precisamente subsanar las deficiencias antes descritas.

EXPERIMENTO 2

Si algo caracteriza a la literatura relacionada con demora de reforzamiento, es la variabilidad en la pendiente de los gradientes de demora (cf. Renner, 1964; Schaal y Branch, 1988; Tarpay y Sawabini, 1974) y en las argumentaciones acerca de lo que dichas variaciones significan (Lieberman, Davidson y Thomas, 1985; Royalty, Williams y Fantino, 1987; Weil, 1984). En consecuencia, el objetivo del segundo experimento fue evaluar si la ausencia de un gradiente en la condición de demora señalada en el primer estudio puede o no atribuirse a las pocas sesiones experimentales que se emplearon, al igual que al orden de presentación de las condiciones de demo-

ra. El segundo experimento evaluó los efectos del reforzamiento demorado sobre la frecuencia de rescates producidos a lo largo de diez sesiones experimentales. De forma complementaria, se compararon las condiciones de demora señalada y no señalada de una misma duración a lo largo de diferentes momentos experimentales, hipotetizándose que al aumentar el número de sesiones experimentales de demora los efectos de la misma sobre el TAR son más notables. Adicionalmente, se esperaría que conforme los sujetos experimentales son expuestos de manera repetida a condiciones de demora en un diseño reversible AB, los efectos de ésta sobre el TAR disminuyen. Resultados de este tipo justificarían la idea de que la respuesta de los organismos requiere un mínimo de sesiones para evidenciar los efectos de las contingencias de reforzamiento; asimismo, que una vez que la conducta se ha adaptado a las contingencias en cuestión los efectos de las mismas son cada vez menos notables. Fuera del área de los estudios sobre demora del reforzador, existe vasta literatura experimental que ha evaluado los efectos de alternar repetidamente las condiciones de reforzamiento y de extinción (Bullock y Smith, 1953; Capaldi, 1958; Habu, 1962). En general, los estudios han demostrado que la conducta se adapta eventualmente a los cambios de las contingencias más rápido, y que los cambios perturban cada vez menos el comportamiento. En este segundo estudio se hipotetiza que los cambios repetidos de las condiciones de reforzamiento inmediato y demora mostrarán eventualmente lo mismo que la literatura de reforzamiento y extinción, esto es, que los cambios en la conducta serán cada vez más rápidos y menos disruptivos.

Método

Sujetos: Se utilizaron seis ratones de las mismas características de los empleados en el primer estudio.

Instrumentos: Se empleó una preparación experimental igual a la del primer estudio.

Procedimiento: Al igual que aquél, las primeras dos sesiones se emplearon para entrenar a los roedores a salir del agua mediante las plataformas, usando para ello un programa de TF 20-s. Una vez concluido el entrenamiento preliminar, los sujetos se expusieron a un diseño reversible AB en el cual alternaban condiciones de RF1 y tándem RF1 TF 30-s (para demora no señalada). En el caso de las condiciones de demora señalada, el programa consistió de un programa encadenado equivalente al descrito previamente. Tanto en la condición señalada como en la no señalada, cuatro condiciones de RF1 alternaron con tres condiciones de reforzamiento demora-

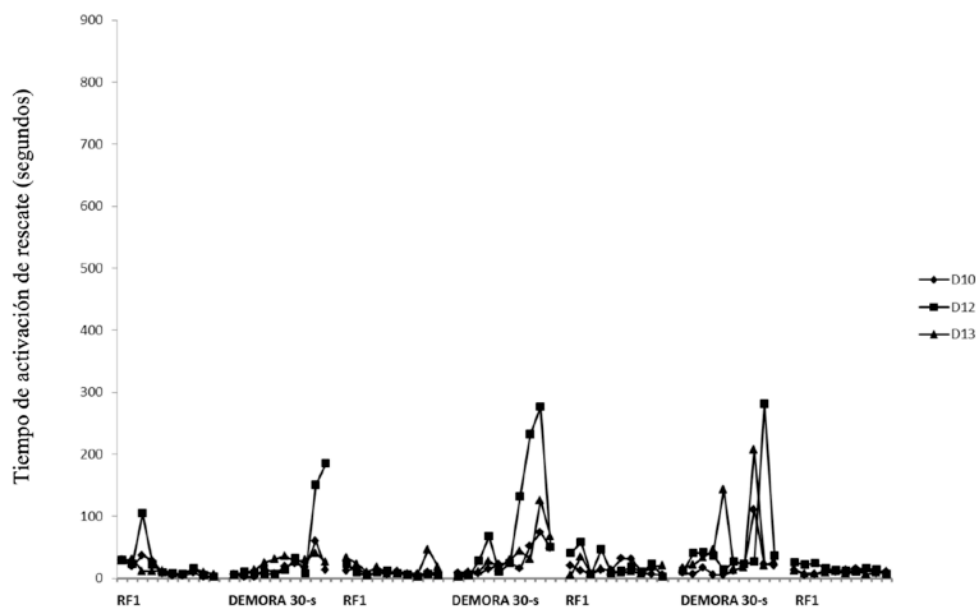
do. La señalización del intervalo de demora se hizo de manera idéntica a la descrita en el primer experimento. Si bien en el primer experimento todos los sujetos pasaron por todas las condiciones experimentales, en éste tres sujetos se asignaron aleatoriamente a cada condición de señal. Ningún animal murió durante el estudio.

Resultados

La Gráfica 3 muestra los TAR para cada sujeto en cada una de las condiciones experimentales. Dicha gráfica muestra exclusivamente el desempeño de los sujetos asignados a la condición señalada, en tanto que la Gráfica 4 indica los resultados de la condición de demora no señalada.

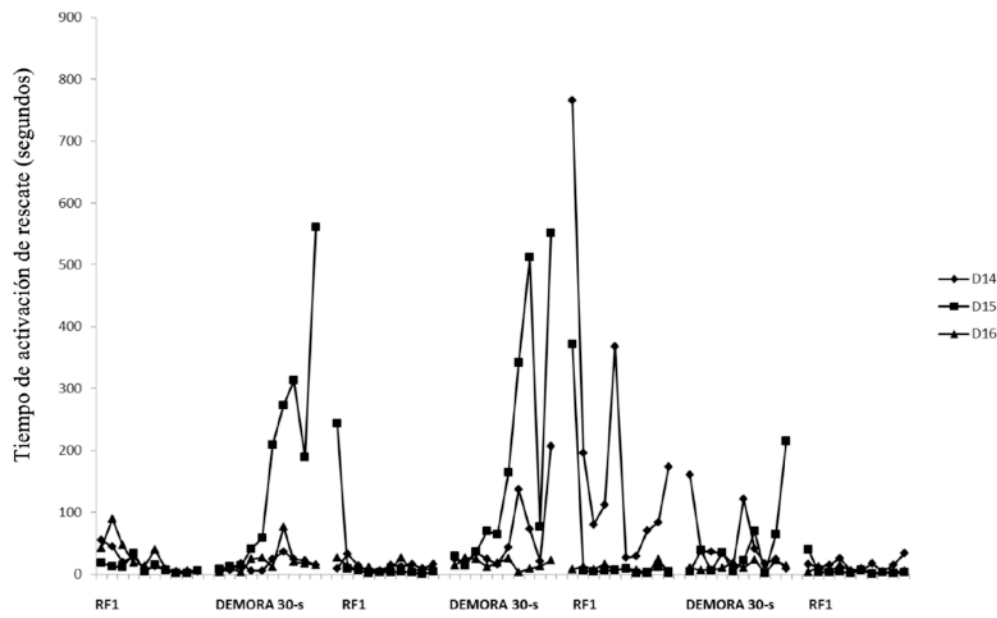
En general, las gráficas muestran un contraste importante entre las condiciones de RFC y las de reforzamiento demorado. En ambas condiciones los TAR en RFC son más breves. La única excepción ocurre durante la transición entre la segunda

Gráfica 3. Demora señalada.



Gráfica 3. Condiciones experimentales.

Gráfica 4. Demora no señalada.



Gráfica 4. Condiciones experimentales.

demora y el tercer RFC en la condición de demora no señalada. En esa transición, los tiempos relativamente altos de TAR en la condición de demora se mantienen durante algunas sesiones en la condición de RFC. En cuanto a los cambios en las condiciones de demora, los TAR son similares bajo condiciones de demora señalada. Por otro lado, bajo condiciones de demora no señalada, los TAR son comparativamente bajos en la primera y la tercera condición de demora; los TAR son más altos en relación a la segunda condición.

Con la finalidad de obtener mayor información sobre los efectos de las variables independientes, se llevó a cabo una prueba t de Student para muestras independientes en la que se compararon las condiciones de RF1 con las de demora. Los resultados de la prueba mostraron diferencias significativas entre las condiciones experimentales ($t[138] = 3.44, p = .09$). El TAR promedio en RFC fue más breve que en las con-

diciones de demora ($23.26 < 52.31$). También se llevó a cabo esa prueba para comparar las condiciones de demora señalada y no señalada, sin encontrar diferencias significativas entre las condiciones ($t[58] = 1.72, p = .09$), aunque el promedio de TAR en demora señalada fue inferior al obtenido en demora no señalada ($40.37 < 64.23$). Con el propósito de evaluar el efecto de la exposición a condiciones de demora sobre el TAR, se llevó a cabo un análisis de varianza de un factor, donde la variable independiente fue el número de veces que el sujeto había sido expuesto a la demora (una, dos o tres), siendo el TAR la variable dependiente. Aunque se halló una función de U invertida (48.36, 68.54 y 40.00), la diferencia entre las condiciones no fue estadísticamente significativa ($f[2/57] = 1.47, p = .24$).

Discusión

Los resultados del segundo estudio sugieren que aumentar la cantidad de sesiones de exposición a un programa demorado aumenta significativamente el tiempo de TAR en relación con condiciones de RF1. Este hallazgo plantea la posibilidad de que los llamados “gradientes atenuados” observados en situaciones de ensayo discreto, que también requieren el desplazamiento del sujeto experimental, podrían ser el resultado de la falta de exposición del organismo a las contingencias de reforzamiento. Estudios futuros podrían aportar más información al respecto. En lo concerniente a la exposición repetida a las condiciones de demora y reforzamiento continuo, los datos sugieren que en la primera y la tercera exposición a condiciones de demora los TAR son comparativamente más bajos que durante la segunda exposición; sin embargo, el efecto no alcanza niveles de significancia estadística. Otro hallazgo intrigante del segundo estudio es el de que, a diferencia del primero, las diferencias entre demora señalada y no señalada no alcanzan niveles de significancia estadística. Probablemente estudios futuros que empleen un mayor número de sujetos experimentales por condición permitirían evaluar con mayores elementos las hipótesis aquí expuestas.

EXPERIMENTO 3

Los experimentos previos sugieren que el condicionamiento operante de la conducta de nado en ratones es posible; además, que éste es modulado por la separación respuesta-reforzador en la misma forma observada en preparaciones de operante libre (siempre y cuando se permita al organismo exponerse a la situación experimental por al menos diez sesiones).

Existen diversas formas de entender los efectos de la demora del reforzador en el condicionamiento operante. Por ejemplo, para Baum (1995) la demora del reforzador aumenta el intervalo entre reforzadores, disminuyendo con ello su frecuencia. Dado que la disminución en la frecuencia de reforzamiento está asociada a un decremento en la tasa de respuesta (Herrnstein, 1970), desde algunos puntos de vista los efectos de la demora no se deben a la separación respuesta-reforzador, sino a la disminución concomitante en la frecuencia del reforzador. Desde otras perspectivas, la demora disminuye la tasa de respuesta porque el organismo “no recuerda” la conducta que fue instrumental para producir la consecuencia (cf. Schaal, Odum y Shahan, 2000). Una posibilidad que aún no ha sido explorada es la de que la demora programada por el investigador podría tener efectos también sobre el tiempo de recuperación de la recompensa. A lo largo de las investigaciones aquí presentadas, los presentes autores observaron de manera informal que en condiciones de demora del reforzador los roedores tardaban más tiempo en salir del agua (una vez que la plataforma estaba disponible). Así, a la demora programada por el investigador es necesario aumentar una demora de “recuperación de recompensa” que se suma a la primera (disminuyendo todavía más la frecuencia del reforzador, y dificultando más aún el proceso mnémico que asocia la respuesta instrumental con la consecuencia). Así, el objetivo del presente estudio fue precisamente evaluar esta posibilidad, hipotetizando que la duración de la demora de “recuperación de recompensa” mantendría una relación directa con el TAR e inversa con el número de ensayos reforzados del organismo.

Método

Sujetos: Se utilizaron dos sujetos de las mismas características de los empleados en el primer estudio.

Instrumentos: Se empleó la misma preparación experimental.

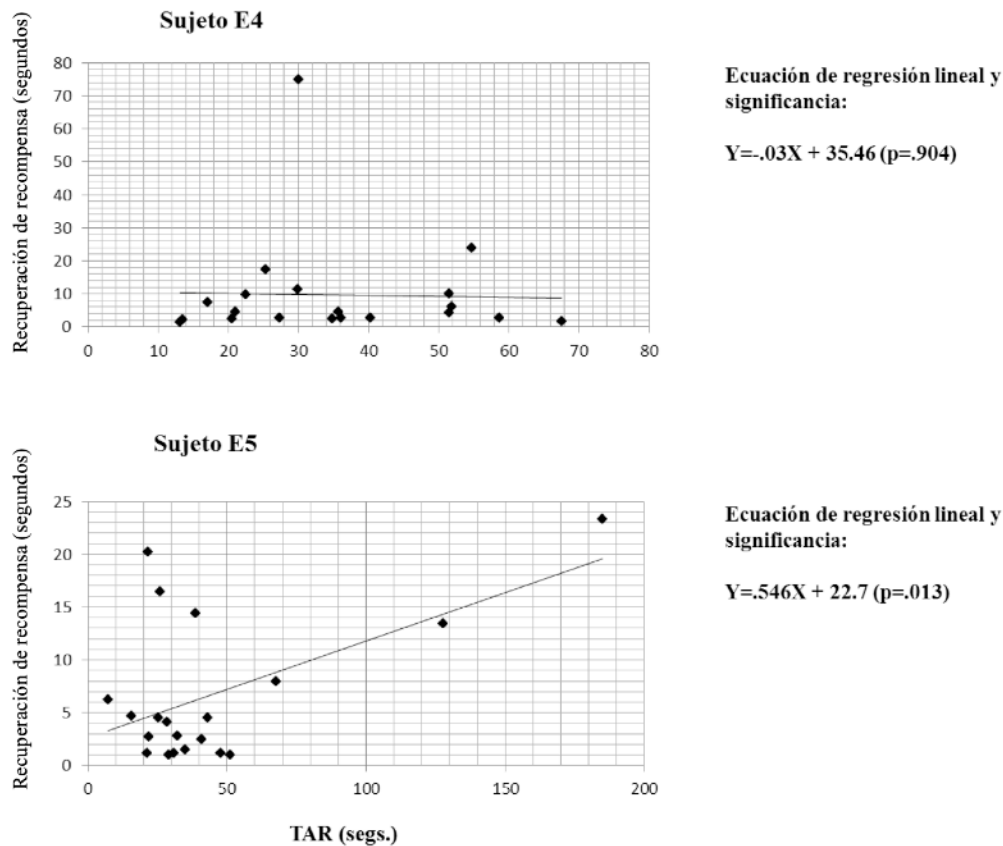
Procedimiento: Se utilizó un programa encadenado de demora señalada (RF1, TF30-s) igual a los descritos en los experimentos previos. El experimento se condujo de forma similar a la descrita previamente. A diferencia de los estudios anteriores, los roedores no pasaron por ninguna fase preparatoria, con la finalidad de acercar el modelo a los empleados en estudios de adquisi-

ción en operante libre (cf. Pulido et al., 2006). Otra diferencia con los estudios anteriores fue que las sesiones duraron 30 minutos y los investigadores contaron no solamente el TAR, sino también el tiempo que tardó el animal en salir del agua (es decir, se midió la demora de “recuperación de recompensa”). Adicionalmente, los animales se expusieron a una única condición experimental, misma que estuvo vigente durante 20 sesiones. No hubo bajas experimentales durante el estudio.

Resultados

La Figura 5 muestra los gráficos de dispersión entre el tiempo de recuperación de recompensa y

Figura 5. Dispersigrama entre TAR y recuperación de recompensa.



el TAR para los sujetos E4 y E5. Muestra igualmente la ecuación de regresión entre las variables de interés.

Como se puede observar, el tiempo de recuperación de recompensa no predijo el TAR para E4, pero fue un predictor directo y estadísticamente significativo para el TAR de E5.

Discusión

En síntesis, este tercer experimento confirma parcialmente la idea de que el tiempo de recuperación de recompensa modula el TAR. Al parecer, el efecto depende de la variabilidad de los datos. En tanto que datos homogéneos del TAR parecen modulados por el tiempo de recuperación de rescate (como en el caso de E5), otros relativamente más heterogéneos no muestran el mismo efecto. En sintonía con los hallazgos de los dos primeros experimentos, los resultados del tercero parecen sugerir que los efectos de las variables independientes sobre la conducta operante en situaciones de demora del reforzador requieren de una exposición más larga para manifestarse (al menos en el caso de E4). Complementariamente, los resultados podrían interpretarse en términos de la irrelevancia de la demora de recuperación de recompensa, o en términos de que los procedimientos de operante libre y ensayo discreto (entre otros) tienen efectos diferentes sobre la conducta instrumental, tal y como se ha sugerido en numerosas revisiones (véanse Perin, 1943; Renner, 1964; Tarpy y Sawabini, 1974). Estudios futuros podrían arrojar mayores elementos para valorar estas hipótesis.

DISCUSIÓN GENERAL

En síntesis, los resultados arrojados por el presente estudio sugieren que la conducta de nado

en ratones está bajo el control de sus consecuencias; confirman con mayores elementos y diseños experimentales más potentes lo sugerido al respecto por Pulido et al. (2014).

La demora del reforzador es quizá la manipulación experimental más explorada dentro del condicionamiento operante (Lattal, 2010), y sus efectos sobre la conducta instrumental se han documentados experimentalmente desde 1913 (cf. Renner, 1964). Dada una cantidad suficiente de sesiones, la preparación de nado forzado con rescates replica bien la literatura conocida sobre el tema. Los resultados del presente estudio también aportan evidencia de que la demora de recuperación de recompensa podría “sumarse” a la demora programada para aumentar así la duración de la llamada “demora obtenida” (aunque dicho hallazgo requiere todavía de mayor exploración). Así, los presentes autores sugieren que la preparación de nado forzado con rescates podría emplearse como una herramienta científica para explorar los efectos de la demora del reforzador sobre la conducta operante. Dado el costo elevado del equipo automatizado y dada la relativa ausencia de investigación sobre demora del reforzador usando métodos de reforzamiento negativo (cf. Lattal, 1987, 2010), la validación empírica del procedimiento empleado aquí no es trivial. El hecho de que ninguno de los animales utilizados en este estudio haya muerto o sufrido consecuencias irreversibles sugiere además que al emplear apropiadamente la preparación de nado con rescates, las consecuencias indeseables del procedimiento son mínimas.

En lo concerniente a la literatura experimental en la que se inserta esta línea de investigación, el presente estudio sugiere que los efectos de los rescates no contingentes sobre el nado en roedores puede entenderse como un fenómeno

operante (en lugar de uno atribuible a variables intervinientes, tales como “esperanza”, “expectativas” y demás). En particular, el mecanismo que aquí se propone es el de que los rescates no contingentes casi inevitablemente coincidirán temporalmente con la actividad de nado de los roedores. Debido a que la contigüidad temporal entre conducta y reforzador aumenta la probabilidad de la primera, aun bajo condiciones de reforzamiento no contingente (Skinner, 1948), la probabilidad de que el próximo rescate coincida con la conducta de nado aumenta con cada rescate. Eventualmente, la frecuencia de nado global durante la sesión debería contrastar notablemente con una condición de control en la que no ocurren rescates. Por supuesto, el presente estudio no produjo datos que permitan probar definitivamente la hipótesis planteada, pero es un hallazgo sugerente el hecho de que los reforzadores contingentes aumenten la frecuencia del nado y de que ésta se vea afectada por la demora en la misma forma que otras conductas instrumentales.

En lo que respecta a la literatura sobre la demora del reforzador, el presente estudio se inserta en una discusión añeja que puede rastrearse hasta las investigaciones pioneras de Hull (1952), Perin (1943) y Spence (1947). Específicamente, los autores en cuestión se enfrentaron al cambio metodológico que significó la cámara de condicionamiento operante diseñada por Skinner (1938), estudiando con interés los efectos de demoras señaladas y no señaladas en laberintos y otros tipos de instrumentos de ensayo discreto. La mayor parte de sus resultados mostraban que la demora del reforzador inhibía el tiempo que tomaba llevar a cabo la respuesta de interés; sin embargo, el efecto se observaba con demoras relativamente largas (30 s o más). Los estudios de

Skinner (1938) y Perin (1943) mostraban que demoras de solo unos cuantos segundos disminuían dramáticamente la tasa de respuesta en situaciones de operante libre. La discusión que siguió a los citados hallazgos se centró en tratar de explicar por qué instrumentos diferentes producían gradientes de demora igualmente distintos. Al llegar la década de los sesenta, el análisis experimental del comportamiento se encontraba ya pletórico de paradojas experimentales como la previamente descrita (por ejemplo Brown y Jenkins, 1968; Falk, 1971; Reynolds, 1961). Algunos investigadores sugirieron que era inevitable cambiar de paradigma (Chomsky, 1959; Miller, 1956; Neisser, 1967); otros más, no obstante, sugirieron que la investigación conductual se observaba “desordenada” debido a que la “agenda de investigación” que se había seguido era igualmente desordenada (Schoenfeld y Cole, 1972). Esta última propuesta parece describir bastante bien lo que ha sucedido con la investigación experimental en el área de la demora de reforzamiento y con los resultados del presente estudio. Al parecer, muchas de las llamadas “paradojas experimentales” desaparecen cuando dicha agenda es ordenada y las comparaciones experimentales se hacen únicamente entre estudios realizados con parámetros equivalentes. En el caso específico del presente estudio, el número de sesiones de exposición parece una variable relevante para armonizar investigaciones aparentemente irreconciliables. Siguiendo esta misma premisa, Pulido y Sosa (en prensa) han tenido éxito en conciliar modelos molares y moleculares de demora señalada y no señalada. En particular, encontraron que programas de reforzamiento demorado definidos temporalmente producen datos que son congruentes con modelos molares y moleculares del comportamiento en función

del número de sesiones experimentales y de criterios de estabilidad seleccionados para determinar una condición experimental. Resultados como los citados y producidos por el presente

estudio sugieren que, tal y como lo plantean Schoenfeld y Cole (1972), el condicionamiento operante contemporáneo requiere de una agenda de investigación más ordenada.

REFERENCIAS

- Baum, W.M. (1995). Introduction to molar behavior analysis. *Revista Mexicana de la Conducta*, 21, 17-35.
- Blink, Y.W., Theriault, G. y Shustack, B. (1977). Sudden death in the laboratory rat: cardiac function, sensory and experimental factors in swimming deaths. *Psychosomatic Medicine*, 39, 82-92.
- Borsini, F. y Meli, A. (1988). Is the forced swimming test a suitable model for revealing antidepressant activity? *Psychopharmacology*, 94, 147-160. doi: 10.1007/BF00176837.
- Broekkamp, C.L.E., Leysen, D., Peeters, B.W. y Pinder, R.M. (1995). Prospects for improved antidepressants. *Journal of Medicinal Chemistry* 38, 4615-4633. doi: 10.1021/jm00023a001.
- Brown, P. y Jenkins, H. (1968). Auto-shaping of the pigeon's key-peck. *Journal Experimental Analysis Behavior*, 11, 1-8. doi: 10.1901/jeab.1968.11-1.
- Bruner, C.A. y Vargas, I. (1991). El efecto de dos programas de rescate sobre la actividad de la rata en una situación de nado. *Revista Interamericana de Psicología*, 25, 161-170.
- Bullock, D.H. y Smith, C.W. (1953). An effect of repeated conditioning-extinction upon operant strength. *Journal Experimental Analysis Behavior*, 46(5), 349-352.
- Cannon, W.B. (1942). "Voodoo" death. *American Anthropologist*, 44, 169.
- Capaldi, E.J. (1958). The effects of different amounts of training on the resistance to extinction of different patterns of partially reinforced responses. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 51, 367-371. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/h0047677>.
- Catania, A.C. (1979). *Learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Catania, A.C. y Reynolds, G.S. (1968). A quantitative analysis of the responding maintained by interval schedules of reinforcement. *Journal of Experimental Analysis Behavior*, 11, 327-383. doi: 10.1901/jeab.1971.15-297.
- Chomsky, N. (1959). A Review of B. F. Skinner's Verbal Behavior. *Language*, 35, 26-58.
- Critchfield, T.S. y Lattal, K.A. (1993). Acquisition of a spatially defined operant with delayed reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 59, 373-387. doi: 10.1901/jeab.1993.59-373.

- Falk, J.L. (1971). The nature and determinants of adjunctive behavior. *Physiology & Behavior*, 6, 577-588. doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(71\)90209-5](https://doi.org/10.1016/0031-9384(71)90209-5).
- Felton, M. y Lyon, D.O. (1966). The post reinforcement pause. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 131-134. doi: 10.1901/jeab.1966.9-131.
- Habu, Y. (1962). The repeated conditioning extinction procedure and its relation to discrimination learning. *Japanese Psychological Research*, 4, 49-57.
- Herrnstein, R.J. (1970). On the law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 13, 243-266. doi: 10.1901/jeab.1970.13-243.
- Hull, C.I. (1952). *A behavior system*. New Haven, CO: Yale University Press.
- Keller, F.S. y Schoenfeld, W.N. (1950). *Principles of psychology: A systematic text in the science of behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Lattal, K.A. (1987). The effects of delay and of intervening events on reinforcement value. En M. L. Commons, J. E. Mazur, J. A. Nevin y H. Rachlin (Eds.): *Quantitative analyses of behavior* (pp. 107-123). New York: Erlbaum.
- Lattal, K.A. (2010). Delayed reinforcement of operant behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 93, 129-139. doi: 10.1901/jeab.2010.93-129.
- Lieberman, D.A., Davidson, F.H. y Thomas, G.V. (1985). Marking in pigeons: The role of memory in delayed reinforcement. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 11, 611-624. doi: 10.1037/0097-7403.11.
- López R., C. y Lucki, I. (2000). Strain differences in the behavioral effects of antidepressant drugs in the rat forced swimming test. *Neuropsychopharmacology*, 22, 191-199. doi: 10.1016/S0893-133X(99)00100-1.
- Lucki, I. (1997). The forced swimming test as a model for core and component behavioral effects of antidepressant drugs. *Behavioral Pharmacology*, 8, 523-532.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, 63, 81-97. doi: 10.1037/h0043158.
- Moritz, A.R. y Zamcheck, N. (1946). Sudden unexpected deaths of young soldiers. *Archives of Pathology*, 42, 459.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Perin, C.T. (1943). A quantitative investigation of the delay of reinforcement gradient. *Journal of Experimental Psychology*, 32, 110-123.
- Porsolt, R., Anton, G., Blavet, N. y Jalfre, M. (1978). Behavioral despair in rats: a new model sensitive to antidepressant treatments. *European Journal of Pharmacology*, 47, 379-391. doi: 10.1016/0014-2999(78)90118-8.
- Porsolt, R., Le Pichon, M. y Jalfre, M. (1977). Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatments. *Nature*, 266, 730-732. doi: 10.1038/266730a0.

- Pulido, M. y Sosa, R. (en prensa). El estudio de la demora del reforzador en programas definidos temporalmente: desenmascarando la paradoja de Weil. En M. Serrano (Ed.): *Programas de estímulo: contribuciones mexicanas*.
- Pulido, M., Quiroz, F., Aldama, E., Bolívar, M., Camacho, K., Castelán, J., Lemus, D., Morales, J., Morales, K., Ortega, X. y Rodríguez, M.F. (2014). Validación de un procedimiento económico para estudiar condicionamiento operante. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 17, 930-957.
- Pulido, M., Sosa, R. y Valadez, L. (2006). Adquisición de la operante libre, bajo condiciones de reforzamiento demorado: una revisión. *Acta Comportamentalia*, 14, 5-21.
- Renner, K.E. (1964). Delay of reinforcement: A historical review. *Psychological Bulletin*, 61, 341-361. doi: 10.1037/h0048335.
- Reynolds, G.S. (1961). Behavioral contrast. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4(1), 57-71. doi: 10.1901/jeab.1961.4-57.
- Richter, C.P. (1957). On the phenomenon of sudden death in animals and man. *Psychosomatic Medicine*, 19, 191-197.
- Royalty, P., Williams, B.A. y Fantino, E. (1987). Effects of delayed conditioned reinforcement in chain schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 47, 41-56. doi: 10.1901/jeab.1987.47-41.
- Schaal, D.W. y Branch, M.N. (1988). Responding of pigeons under variable-interval schedules of unsignaled, briefly signaled, and completely signaled delays to reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 50, 33-54. doi: 10.1901/jeab.1990.53-103.
- Schaal, D.W., Odum, A.L. y Shahan, T.A. (2000). Pigeons may not remember the stimuli that reinforced their recent behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 73(2), 125-139. doi: 10.1901/jeab.2000.73-125.
- Schoenfeld, W.N. y Cole, B.K. (1972). *Stimulus schedules: The t- τ systems*. New York: Harper & Row.
- Seligman, M. (1974). Submissive death: Giving up on life. *Psychology Today*, 7(12), 80-85.
- Sidman, M. (1960). *Tactics of scientific research*. New York: Basic Books.
- Skinner, B.F. (1938). *The behavior of organisms*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B.F. (1948). Superstition in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 38, 168-172.
- Snyckerski, S., Laraway, S., Byrne, T. y Poling, A. (1999). Acquisition of lever-press responding with delayed consequences in rats: Is a minute to long? *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 25, 341-350.
- Spence, K.W. (1947). The role of secondary reinforcement in delayed reward learning. *Psychological Review*, 54, 1-8.
- Spence, K.W. (1956). *Behavior theory and conditioning*. New Haven, CO: Yale University Press.
- Staddon, J.E.R. y Simmelhag, V.L. (1971). The “superstition” experiment: a reexamination of its implications for the principles of adaptive behavior. *Psychological Review*, 78, 3-43, doi:10.1037/h0030305.

Tarpy, R.M. y Sawabini, F.L. (1974). Reinforcement delay: A selective review of the last decade. *Psychological Bulletin*, 81, 984-997. doi: 10.1037/h0037428.

Weil, J.L. (1984). The effects of delayed reinforcement on free operant responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 41, 143-155. doi:10.1901/jeab.1984.41-143.