



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**VALIDACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO PARA  
EVALUAR LA SENSIBILIDAD A LA DEMORA DE LA  
ESTIMULACIÓN AVERSIVA**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA

**Presenta:**

William Rodríguez Sánchez

**Director:** Dr. Oscar Vladimir Orduña Trujillo

**Revisor:** Dr. Arturo Bouzas Riaño

**Comité:**

Dr. Florente López Rodríguez

Dr. Raúl Ávila Santibáñez

Dr. Francisco Xavier Sotres Bayón



Tesis apoyada por los proyectos CONACYT (167016) y PAPIIT (IN306415)

Ciudad Universitaria, CDMX

Agosto, 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El presente trabajo se realizó con el apoyo de los proyectos CONACYT (167016) y PAPIIT (IN306415).

A mi madre **Julia** y a mi abuela **María**, a las que les agradezco todo el apoyo y el amor que me han brindado, nunca podré pagarles todo lo que han hecho por mí; y a mis amigos **Paco** y **Emmanuel**, no puedo expresar en palabras cuánto les agradezco su infinita amistad y su apoyo, gracias por enseñarme tanto, a veces sin saberlo.

## Agradecimientos

Agradezco al **Dr. Vladimir Orduña** por brindarme la oportunidad de colaborar todos estos años en su laboratorio y por todo el apoyo que me ha brindado, no sé si fui buen alumno, pero aprendí mucho de ti, académica y personalmente.

Quiero agradecer al **Dr. Bouzas** por los comentarios tan brillantes que hizo sobre este proyecto, los cuales me ayudaron a tener un mejor panorama sobre el trabajo. Al **Dr. Florente** por sus excelentes comentarios y sus buenas clases de estadística, las cuales me han sido muy útiles. Al **Dr. Raúl** por aceptar ser mi sinodal y por enriquecer la discusión del trabajo. Y al **Dr. Francisco Sotres** por ser parte de mi jurado y por su atinada retroalimentación.

### Familia

Le agradezco a mis hermanos **Alejandro y Erick** por su apoyo y cariño, los amo. A mi abuelo Roberto y a mi abuela Carmen por su cariño y cuidados.

### Amigos

**Facultad:** gracias a **Miranda, Monsedru, Lalo y Tani** por estos años de amistad y por todos los buenos momentos que hemos vivido juntos, y porque estoy seguro que con el paso de los años seremos cada vez mejores amigos. **Marlene, Kenji y Mada**, les quiero agradecer el que siempre estuvieran para escuchar mis historias y todo el apoyo que me brindan día con día. Los quiero a los 7.

**Lab 101:** agradezco al **Dr. Emmanuel** y a la **Dra. Maryed** por su amistad, admiró que sean personas siempre dispuestas a compartir su conocimiento. Gracias a **Enrique, Ithan y Adriana** por su apoyo en el experimento, y por hacer junto con **Paulina, Alma y Héctor** los momentos en el laboratorio tan agradables. Gracias a ustedes debo de reconocer que nuestro lab tiene el mejor ambiente.

De manera especial quiero agradecer a: la **Mtra. (casi Dra.) Nataly** por ser la mejor compañera del mundo mundial, por tu amistad tan sincera, por siempre escuchar mis historias y por los momentos tan divertidos; al **Lic. (casi Dr.) Rodrigo**, bro, muchas gracias por creer siempre en mí, por todo tu apoyo y por tus palabras de aliento; a la **Lic. Montserrat** por apoyarme estos meses, por los buenos momentos, por las aguas minerales y el café.

**Casa:** quiero agradecer a mis amigos incondicionales **Jorge, Xavier, Liliana, Oscar, Erick, Fanny, Braulio y Gerardo**, junto a mi familia, ustedes son personas muy importantes en mi vida, me alegra que después de tantos años sigamos siendo grandes amigos; "porque vuestra amistad me sostiene".

Por último, agradezco a la **UNAM** por hacer que la educación sea tan accesible y de calidad. El conocimiento no sólo te permite encontrar trabajo y ganar dinero, también te hace una persona llena de criterio y un ser humano más humilde.

Dado que la mayoría de la gente solamente lee los agradecimientos de las tesis, quisiera que leyeran una frase que me gusta mucho y la cual saque de una serie de televisión que me tenía muy entusiasmado en ese momento:

“¿Qué hacemos cuando ganamos?

¡Fiesta!

¿Qué hacemos cuando perdemos?

¡Más fiesta!”

-Dr. House-

# Índice

<b>Resumen</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
Procedimientos para el estudio de descuento temporal .....	2
Modelos matemáticos de descuento temporal .....	3
Descuento temporal de diferentes tipos de recompensas .....	5
Descuento temporal de estímulos aversivos .....	5
Humanos. ....	5
Animales no humanos. ....	8
Justificación .....	10
Objetivo .....	11
<b>Método</b> .....	11
Sujetos .....	11
Aparatos.....	11
Procedimiento.....	12
Habitación, entrenamiento al receptáculo de pellets y entrenamiento para responder a la palanca.....	12
Pre-entrenamiento: características básicas del procedimiento y evaluación de la preferencia por la recompensa grande.....	13
Pre-entrenamiento: presentación de la descarga eléctrica y ajuste de su intensidad.....	15
Descuento temporal de la descarga eléctrica: presentación ascendente de las demoras.....	15
Descuento temporal de la descarga eléctrica: presentación descendente de las demoras.....	15
Análisis de Datos .....	15
<b>Resultados</b> .....	17
Pre-entrenamiento.....	17
Descuento Temporal.....	18
Proporción de elección.....	18
Latencias .....	20
Omisiones.....	21
<b>Discusión</b> .....	22
<b>Referencias</b> .....	28
<b>Apéndice</b> .....	32

## **Resumen**

Investigación previa ha explorado el impacto de la demora sobre el valor de recompensas; en contraste, su efecto sobre el valor de estímulos aversivos ha recibido menos atención. El objetivo del presente trabajo fue describir el cambio en el valor de un estímulo aversivo en función de la demora hasta su presentación. Para este fin se utilizó una versión modificada del procedimiento de Evenden y Ryan (1996). En una primera fase de pre-entrenamiento, los sujetos tuvieron que elegir entre 1 vs 4 pellets entregados de manera inmediata; una vez que se desarrolló preferencia por la recompensa de mayor magnitud, se añadió una descarga eléctrica a su presentación, la cual disminuyó la preferencia por esta recompensa. Posteriormente, en la primera condición experimental, la demora hasta la presentación de la descarga fue aumentada progresivamente de 0 a 40 s (demoras ascendentes). En una subsecuente condición, la demora fue progresivamente disminuida de 40 a 0 s (demoras descendentes). En ambas condiciones los sujetos mostraron menor preferencia por la recompensa de menor magnitud (y mayor preferencia por los 4 pellets) en función de la demora a la descarga eléctrica asociada a la otra alternativa. Esta disminución en la preferencia de los sujetos fue cuantificada mediante una función de descuento temporal, la cual fue bien descrita por una función hiperbólica.

## **Introducción**

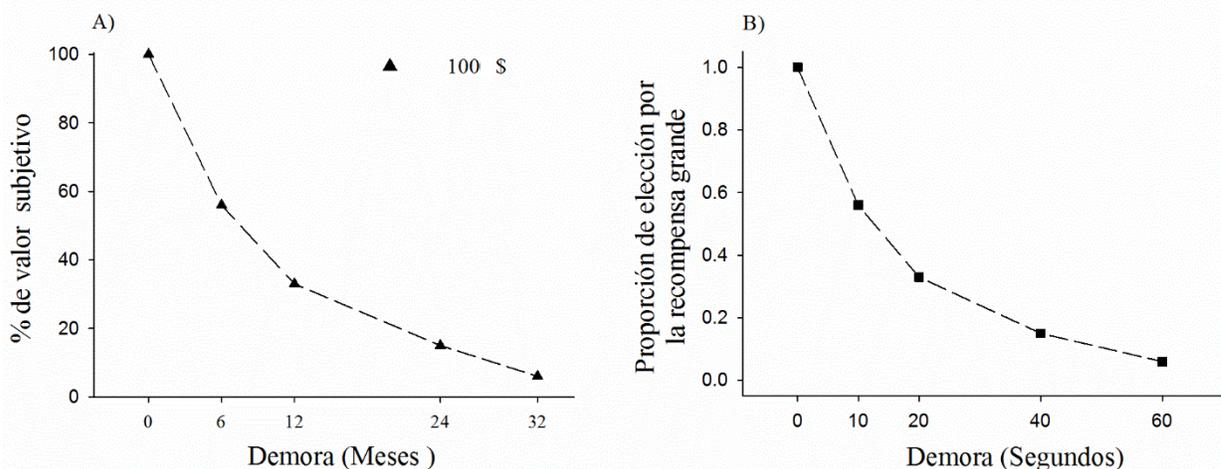
Dada una elección entre una recompensa pequeña inmediata, y una recompensa grande demorada, animales humanos y no humanos tienden a preferir la primera a pesar de que su elección les impide maximizar el reforzamiento obtenido a largo plazo (Vanderveldt, Oliveira, & Green, 2016). Esta preferencia es resultado de un fenómeno conductual conocido como descuento temporal, el cual se refiere al decremento en el valor subjetivo de un evento cuando se encuentra demorado en el tiempo (Mazur, 1987). La investigación en este tópico ha atraído la atención debido a: (1) su generalidad entre especies, ya que se presenta en humanos (Green & Myerson, 2004), palomas, ratas (Green, Myerson, Holt, Slevin, & Estle, 2004) y ratones (Oberlin & Grahame, 2009); (2) a la correlación que se ha encontrado entre el grado de descuento temporal y la probabilidad de padecer diferentes problemas de salud tales como: abuso de sustancias (Reynolds, 2006), juego patológico (Alessi & Petry, 2003), obesidad (Weller, Cook, Avsar, & Cox, 2008) y TDAH (Wilson, Mitchell, Musser, Schmitt, & Nigg, 2011), por mencionar algunos.

## **Procedimientos para el estudio de descuento temporal**

Debido a su importancia, diferentes procedimientos han sido empleados para estudiar descuento temporal. Dos de los más utilizados son el de ajuste de la demora (Mazur, 1987) y el de ajuste de la magnitud (Richards, Mitchell, de Wit, & Seiden, 1997). En el primero los sujetos eligen entre una recompensa pequeña inmediata y una grande demorada. Mientras la cantidad de las recompensas es mantenida constante a lo largo de la sesión experimental, la demora de la recompensa grande se ajusta en función de la elección de los sujetos; por ejemplo, si la recompensa pequeña inmediata es la alternativa preferida, la demora de la recompensa grande es disminuida; por el contrario, si la preferencia es por la recompensa grande, su demora aumenta. De esta manera, el ajuste continúa hasta que ambas alternativas son elegidas con la misma frecuencia, obteniendo un punto de indiferencia, el cual indica que su valor es equivalente. En el procedimiento de ajuste de magnitud (Richards et al. (1997) los sujetos también eligen entre una recompensa pequeña inmediata y una grande demorada; no obstante, la diferencia entre ambos paradigmas es que el ajuste no se realiza sobre la demora de la recompensa grande, sino sobre la magnitud de la recompensa pequeña inmediata. De tal modo que, si la alternativa grande demorada es elegida con mayor frecuencia, la magnitud de la recompensa pequeña es incrementada en un 10 % de su valor, mientras que, si la recompensa pequeña es la preferida, su valor disminuye 10 %. En este procedimiento, la estimación de varios puntos de indiferencia permite graficar una función de

descuento temporal, como la que se muestra en la Figura 1a, la cual representa la tasa en la que el valor de una recompensa futura disminuye conforme la demora para su obtención va incrementando.

Otra manera de obtener una función de descuento temporal es con el procedimiento de Evenden y Ryan (1996). En esta tarea los sujetos eligen entre una recompensa pequeña inmediata o una grande entregada después de una demora, la cual, es incrementada sistemáticamente a lo largo de la sesión experimental. Cuando las demoras más cortas se presentan al inicio de la sesión, la preferencia de los sujetos por la recompensa grande es mayor; no obstante, conforme la demora hasta su presentación es incrementada, esta preferencia va decayendo. Este cambio en la preferencia permite graficar una función de descuento temporal con una forma similar a la que se obtiene con el procedimiento de ajuste de la magnitud (ver Figura 1b). Dado que la función de descuento temporal es obtenida en una sesión experimental, utilizar este procedimiento resulta apropiado cuando se quiere evaluar el efecto agudo de algún fármaco o el impacto de una lesión en alguna estructura del Sistema Nervioso Central (SNC) sobre la elección de los sujetos.



**Figura 1.** Panel A), función de descuento temporal obtenida con el procedimiento de ajuste de cantidad; Panel B), función de descuento temporal obtenida con el procedimiento de Evenden y Ryan (1996).

### Modelos matemáticos de descuento temporal

Con el fin de caracterizar el efecto de la demora sobre el valor de una recompensa, diferentes modelos matemáticos se han ajustado a las funciones de descuento temporal (Mazur, 1987;

McKerchar et al., 2009). El modelo predominante en economía es el modelo de Descuento de Utilidad (DU) (Samuelson, 1937), el cual es expresado con la siguiente ecuación exponencial:

$$V = A e^{-kD}$$

En donde **V** representa el valor actual de la recompensa demorada; **A**, representa la magnitud de dicha recompensa; **D**, representa la demora para recibirla y **k** es un parámetro libre que representa la tasa de descuento temporal. Valores de *k* elevados son asociados a un mayor grado de descuento temporal, en otras palabras, las recompensas demoradas pierden valor más rápido conforme incrementa la demora para su obtención. Este modelo asume que la tasa de descuento se mantiene constante en cualquier periodo de tiempo dado, y que la preferencia que tienen los organismos por una de dos recompensas que difieren en demora y magnitud no se ve alterada con la adición de una demora común. Es decir, si una persona elige recibir 100 pesos inmediatos sobre obtener 1000 en un año, la misma persona tendría que mantenerse prefiriendo 100 pesos entregados en cinco años sobre 1000 pesos en seis años.

Sin embargo, las elecciones que hacen los organismos en la vida diaria contradicen esta última predicción del modelo exponencial; por ejemplo, un individuo puede prometer antes de ir a dormir levantarse temprano al otro día para salir a ejercitarse, sin embargo, cuando el despertador suena por la mañana, se levanta para silenciar la alarma y prefiere seguir durmiendo. En este caso ocurre una reversión en la preferencia del sujeto, al elegir una recompensa pequeña (que antes no era preferida) sobre una recompensa grande (que antes era preferida) cuando el momento de elección está temporalmente más cerca (Ainslie & Herrnstein, 1981; Rachlin & Green, 1972).

La reversión de preferencias es predicha por el modelo hiperbólico de descuento, el cual es descrito con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{M}{1 + kD}$$

De manera similar que en el modelo exponencial la variable **V** representa el valor de la recompensa, **M** representa su magnitud, **D** representa su demora y **k** es un parámetro el cual cuantifica el grado de descuento temporal. Este modelo hiperbólico no asume una tasa de descuento constante, más bien, predice que los eventos demorados pierden la mayor cantidad de su valor durante las primeras demoras. Otra diferencia es que las funciones de descuento temporal que

describe el modelo hiperbólico, resultan ser más cóncavas que las que describe el modelo exponencial. La forma de la función de descuento temporal es importante ya que una hipérbola predice la reversión de preferencias (Kirby, 1997). Además, el modelo hiperbólico se ajusta mejor a las funciones de descuento temporal explicando una mayor proporción de varianza (Mazur, 1987).

A pesar de que el modelo hiperbólico ha sido el predominante en la literatura de descuento, se han propuesto otros modelos para explicar las diferencias individuales en el grado de descuento de los humanos (ej. modelo hiperbolóide) (McKerchar et al., 2009).

### **Descuento temporal de diferentes tipos de recompensas**

La mayoría de los estudios en descuento temporal se han centrado en evaluar el impacto que tiene la demora sobre el valor de recompensas; por ejemplo, con humanos, aunque la principal recompensa han sido ganancias monetarias hipotéticas, también se ha estudiado el descuento de otras recompensas: comida hipotética (Odum & Rainaud, 2003), jugo real (Jimura et al., 2011), dinero real (Madden, Begotka, Raiff, & Kastern, 2003), diferentes sustancias de abuso (MacKillop et al., 2011), etc. Por otro lado, en investigación con animales no humanos se ha utilizado comida (Green et al., 2004), agua (Reynolds, de Wit, & Richards, 2002), sacarosa (Freeman, Nonnemacher, Green, Myerson, & Woolverton, 2012), sacarina (Freeman, Green, Myerson, & Woolverton, 2009), alcohol (Oberlin & Grahame, 2009) y cocaína (Woolverton, Myerson, & Green, 2007).

De estos experimentos, en los que se compara el descuento de diferentes recompensas, se ha encontrado que los humanos descuentan la comida y las sustancias de abuso más abruptamente que las ganancias monetarias (Odum & Rainaud, 2003). Mientras tanto, con animales no humanos no existe evidencia sistemática ni confiable que sustente diferencias en el grado de descuento entre distintas recompensas.

### **Descuento temporal de estímulos aversivos**

#### **Humanos.**

A pesar de que muchas de las elecciones que hacen los organismos tienen asociados eventos gratificantes, existen situaciones en las que la elección de una alternativa puede traer consigo eventos desagradables o aversivos. Una situación en la que esto puede ocurrir es aquella en la que animales humanos y no humanos deben elegir entre una recompensa pequeña inmediata o una recompensa grande, también inmediata, que tiene asociada a su presentación una consecuencia

aversiva demorada. Este tipo de situación en particular modela la estructura de varios escenarios de elección que se encuentran asociados a conductas de riesgo en humanos, lo cuales pueden conducir a problemas de salud relacionados con la impulsividad (Critchfield & Kollins, 2001). La prevalencia de este tipo de desórdenes conductuales puede sugerir que las consecuencias aversivas que tienen asociadas no tienen impacto sobre la conducta de los sujetos posiblemente porque se encuentran alejadas temporalmente.

Precisamente, un estímulo aversivo se caracteriza por decrementar la probabilidad o frecuencia de que ocurra una conducta a la que es contingente (Fantino & Logan, 1979). Estos estímulos, al igual que las recompensas, también son sensibles al efecto de la demora, ya que conforme más largo es el intervalo que existe entre una respuesta y la presentación de un estímulo aversivo, el impacto de este último sobre el comportamiento es menor; conclusión que ha sido corroborada experimentalmente (Azrin & Holz, 1966).

En los primeros estudios con humanos se utilizaban procedimientos de una operante para evaluar el impacto de la demora sobre la eficacia de los estímulos aversivos (Banks & Vogel-Sprott, 1965; Trenholme & Baron, 1975). En estos experimentos los participantes respondían para obtener una recompensa que tenía asociada la presentación de una consecuencia aversiva, la cual disminuía la respuesta de los participantes cuando era presentada de manera inmediata, pero que al estar demorada perdía eficacia sobre su conducta ya que la respuesta ocurría más frecuentemente.

Es importante resaltar que en estos procedimientos los participantes tenían la opción de responder y recibir la consecuencia aversiva asociada a la recompensa, o de abstenerse y no responder evitando la presentación de ambos estímulos. Dado el incremento en las respuestas cuando el estímulo aversivo estaba demorado, se corrobora que su eficacia para suprimir una conducta se ve disminuida en función de la demora hasta su presentación. También se sugiere que existe preferencia por parte de los participantes por las consecuencias aversivas demoradas. Sin embargo, este resultado era diferente, cuando la situación de elección era más directa, es decir, cuando los participantes debían elegir entre un estímulo aversivo inmediato o uno demorado, estos mostraban tendencia a elegir el primero (D'Amato & Gumenik, 1960; Mischel, Grusec, & Masters, 1969).

En años recientes se ha comenzado a evaluar el impacto de la demora sobre el valor de las consecuencias aversivas desde el marco de descuento temporal. La investigación sobre este tópico

se realiza principalmente con humanos y se utilizan pérdidas monetarias hipotéticas como estímulos aversivos. En estos experimentos los participantes deben elegir entre pagar una cantidad de dinero pequeña pero inmediata o pagar una cantidad mayor pero demorada. Si los participantes muestran preferencia por la pérdida pequeña inmediata, su magnitud incrementa en un 50%; por el contrario, si eligen la pérdida más grande, la magnitud de la pequeña disminuye en un 50%. Por ejemplo, si un participante decide pagar 100 pesos ahora sobre 200 en un mes, la siguiente elección sería entre pagar 150 ahora o 200 en un mes; mientras que, si en la primera ocasión decide pagar 200 en un mes sobre 100 ahora, la próxima vez tendría que elegir entre pagar 200 en un mes o 50 ahora. Este ajuste que se hace sobre la magnitud de la pérdida pequeña inmediata se realiza durante varios ensayos, si en el último ensayo la pérdida elegida es la de menor magnitud, el valor subjetivo de la pérdida grande demorada es considerado ligeramente mayor que la cantidad de la pérdida inmediata elegida; por otro lado, si los participantes eligen en el último ensayo la pérdida grande demorada, el valor es considerado menor que la cantidad de la pérdida pequeña presentada anteriormente. Una vez obtenido este valor, se evalúa el impacto de otro periodo de demora, de tal manera que, si anteriormente era un mes, como en el ejemplo de arriba, ahora será un año. A través de este proceso se estiman varios puntos de indiferencia, que al igual que en los procedimientos con recompensas, permiten cuantificar el decremento en el valor de una pérdida en función de la demora hasta su presentación mediante una función de descuento temporal.

Algunas conclusiones que se han desprendido de la investigación sobre descuento temporal de pérdidas son: (1) al igual que las recompensas, los estímulos aversivos van perdiendo valor conforme la demora hasta su presentación es mayor, lo que lleva a los participantes a preferir una pérdida demorada sobre una inmediata (Estle, Green, Myerson, & Holt, 2006; Ostaszewski & Karzel, 2002); (2) la función de descuento temporal para consecuencias aversivas es menos pronunciada que la función de descuento de recompensas, es decir, que las primeras se descuentan menos abruptamente que las segundas (Estle et al., 2006); (3) el modelo hiperboloide de descuento (otro de los modelos que se han propuesto para caracterizar el efecto de la demora sobre las recompensas) explica una mayor proporción de varianza que el hiperbólico, por lo que ajusta mejor a las funciones de descuento obtenidas para consecuencias aversivas (Estle et al., 2006; Ostaszewski & Karzel, 2002).

### **Animales no humanos.**

Con animales no humanos, por otro lado, también se ha investigado el impacto de la demora sobre la eficacia de una consecuencia aversiva. Al igual que en la investigación con humanos, en los primeros estudios se utilizaron procedimientos de una operante. Por ejemplo, Baron (1965) entrenó a varios grupos de ratas a recorrer un laberinto desde un punto de partida hasta un punto meta en donde se les entregaba una recompensa; cuando los sujetos aprendieron la conducta, en una condición subsecuente se añadió la presentación de una descarga eléctrica a la entrega de la recompensa y los sujetos fueron asignados a diferentes grupos. Dependiendo del grupo, la descarga era presentada con 0, 5, 10, 20, o 30 segundos (s) de demora. El resultado de esta condición fue que la velocidad con la que los sujetos cruzaban el laberinto cuando se agregó la descarga eléctrica fue menor a la velocidad con la que cruzaban durante el entrenamiento sin descarga; y que la velocidad de los sujetos asignados a los grupos en los que la demora a la descarga eléctrica era más corta, fue menor que la de los sujetos asignados a los grupos con demoras más largas. En otro experimento posterior, Camp, Raymond, y Church (1967) entrenaron a sus sujetos a responder por un reforzador bajo un programa de reforzamiento intervalo variable (IV) 1 minuto (en este programa, un reforzador es entregado, en promedio, cada minuto) durante cinco sesiones. Una vez terminado el entrenamiento se agregó la presentación de una descarga eléctrica bajo un IV 2 minutos (en promedio, la descarga se presentaba cada 2 minutos). Para un grupo de sujetos la presentación de la descarga fue inmediata, para otro grupo se demoró 2 s y para un tercer grupo se demoró 30 s. El hallazgo del estudio fue que la supresión de respuestas para los grupos a los que se les presentó la descarga eléctrica con una menor demora fue mayor que la del grupo al que se le presentó después de 30 s. Juntando la evidencia de estos dos experimentos y de los primeros estudios con humanos, se confirma la idea de que un estímulo aversivo pierde eficacia sobre el comportamiento cuando se encuentra y se obtiene evidencia que sustenta que una consecuencia aversiva disminuye el valor de una alternativa altamente preferida anteriormente.

A pesar de los resultados obtenidos en los experimentos con procedimientos de una operante, en procedimientos de elección la evidencia del efecto de la demora sobre la eficacia de las consecuencias aversivas era contradictoria, en principio. Por un lado, algunos estudios en laberintos reportaban que los sujetos (ratas) preferían los estímulos aversivos inmediatos sobre los demorados (Knapp, Kause, & Perkins, 1959), mientras otros mostraban evidencia de una mayor preferencia por los estímulos aversivos demorados (Renner & Houlihan, 1969).

No obstante, Deluty (1978) entrenó a varios grupos de ratas a responder por una recompensa bajo un programa de reforzamiento concurrente encadenado en el que podían elegir entre dos alternativas. En el eslabón inicial se encontraba vigente un programa de reforzamiento intervalo aleatorio 1 minuto para cada una de las alternativas. La elección de alguna de las alternativas cancelaba a la otra y conducía a los sujetos a un eslabón terminal con duración de 1 minuto en el que eran reforzados bajo el criterio de un programa de reforzamiento tiempo aleatorio 30 s. Después de algunas sesiones de línea base, se añadió al eslabón terminal la presentación de una descarga eléctrica; la cual fue demorada 5, 10, 20, 30, 40 o 50 s durante diferentes condiciones del experimento. Por ejemplo, en la condición 2 del experimento, para un eslabón terminal la descarga se presentaba después de transcurridos 30 s, mientras que, en el otro, era presentada después de 40 s. El resultado fue que los sujetos respondieron con mayor proporción en la alternativa en la que la demora hasta la presentación de la descarga eléctrica era más larga. Este hallazgo sustenta la conclusión de que los sujetos prefieren los estímulos aversivos demorados, ya que la demora disminuye su eficacia sobre la conducta.

En contraste a la extensa investigación que se ha realizado sobre descuento temporal de recompensas, el estudio del descuento temporal de consecuencias aversivas se limita a los experimentos de pérdidas monetarias con humanos. A la fecha, solamente un estudio ha explorado el impacto que tiene la demora sobre el valor de un estímulo aversivo desde la perspectiva de descuento temporal utilizando animales no humanos como sujetos experimentales. Woolverton, Freeman, Myerson, y Green (2012). utilizaron monos Rhesus como sujetos experimentales, y les dieron a elegir entre dos recompensas (cocaína) que eran equivalentes en magnitud, pero diferían en la demora a una consecuencia aversiva (inyección de histamina) que se encontraba asociada a cada una de ellas; mientras a una recompensa le seguía una inyección de histamina inmediatamente, a la otra le seguía una inyección demorada. Bajo las condiciones anteriores, los sujetos mostraron preferencia por una de las alternativas debido a su localización más que por las consecuencias asociadas a ésta; por lo que, en la siguiente condición, se incrementó la demora a la inyección de histamina asociada a la alternativa no preferida. En consecuencia, la preferencia de los sujetos cambió, ya que pasaron a elegir la recompensa no preferida en función de la demora a la inyección de histamina que tenía asociada. Este cambio en la preferencia de los sujetos sugiere que la inyección de histamina perdió impacto sobre la elección de monos debido al efecto de la demora; este decremento en el valor de la inyección histamina como estímulo aversivo fue cuantificado

mediante una función de descuento temporal, la cual fue bien descrita por el modelo hiperboloide de descuento (que también es utilizado para describir las curvas de descuento de recompensas).

### **Justificación**

El análisis que existe de la simetría entre el efecto de consecuencias positivas y aversivas, y el cómo ambos estímulos combinados influyen en el comportamiento, han sido preguntas importantes en el estudio de la conducta de elección (Bouzas, 1978; De Villiers, 1977; Rachlin & Herrnstein, 1969). Con el fin de extender este análisis al tópico de descuento temporal, es necesario ampliar la investigación sobre el descuento de estímulos aversivos. Además, tomando en cuenta la relevancia que tiene la sensibilidad que presentan los humanos a las consecuencias aversivas en diversas situaciones de riesgo (Odum, Madden, & Bickel, 2002), es importante estudiar cómo la demora impacta sobre su eficacia. Por ejemplo, más allá de sus efectos reforzantes, el consumo de drogas también involucra resultados aversivos a largo plazo; desde problemas de salud importantes (cirrosis, cáncer pulmonar, fallas renales), impedimentos en procesos cognitivos (memoria, atención, toma de decisiones, etc.) hasta accidentes automovilísticos (Cami & Farre, 2003; Kelly, Darke, & Ross, 2004), estos eventos que podrían disminuir el consumo de una sustancia adictiva debido a sus características aversivas, podrían dejar de ser relevantes debido a la ventana temporal que existe entre la conducta de tomar una droga y su presentación.

Por otro lado, el hecho de que los estudios en descuento temporal de consecuencias aversivas estén limitados a los experimentos con humanos, limita el avance en la comprensión del fenómeno al no ser posible explorar variables de interés que han sido estudiadas con recompensas. Por ejemplo, a pesar de que ha sido demostrado que el grado de descuento temporal de recompensas no se ve alterado por su naturaleza (hipotéticas o reales) (Madden et al., 2003), se desconoce si esto puede ser generalizado a estímulos aversivos debido a que resulta complicado presentarlos de manera real. Además, resulta difícil explorar las bases anatómicas y farmacológicas que se correlacionan al descuento temporal de consecuencias aversivas, dado que no es posible emplear herramientas (lesiones cerebrales o aplicación de fármacos) típicas de la investigación con animales no humanos.

La inequidad en la atención dada por los investigadores al descuento temporal de consecuencias aversivas utilizando animales no humanos como sujetos experimentales, solamente puede ser entendida debido a la falta de procedimientos para su estudio.

## **Objetivo**

La meta de este estudio fue obtener evidencia sobre el cambio en el valor de un estímulo aversivo como función de la demora hasta su presentación. Con el fin de lograr el objetivo, se modificó el procedimiento de Evenden y Ryan (1996), el cual ha sido ampliamente utilizado en la investigación con recompensas (Cardinal, Robbins, & Everitt, 2000; Winstanley, Theobald, Cardinal, & Robbins, 2004); en este procedimiento los sujetos (ratas) eligen entre una recompensa pequeña inmediata y una recompensa grande cuya demora hasta su entrega es incrementada dentro de la sesión experimental. Esta última característica permite la obtención de una función de descuento temporal en una sola sesión.

En el presente experimento, en una primera fase se le dio a elegir a los sujetos entre dos recompensas de diferente magnitud (1 vs 4 pellets) entregadas inmediatamente. Cuando se desarrolló una fuerte preferencia por la recompensa grande, se añadió la presentación de un estímulo aversivo (una descarga eléctrica) cuya demora fue incrementado (0, 5, 10, 20 y 40 s) dentro de la sesión. En esta condición se predijo una fuerte preferencia por la recompensa pequeña al inicio de la sesión cuando las demoras más cortas son presentadas, la cual iría decrementando en función de la demora hasta la presentación de la descarga eléctrica asociada a la recompensa grande. En una condición posterior, la presentación de las demoras se hizo en orden descendente (40, 20, 10, 20 y 0 s) para descartar habituación a la descarga a corto plazo.

## **Método**

### **Sujetos**

Diez ratas Wistar macho ingenuas experimentalmente, de 60 días de edad, fueron obtenidas del bioterio de la Facultad de Psicología de la UNAM; las cuales fueron alojadas individualmente a una temperatura controlada de 21°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) bajo un ciclo de luz-oscuridad de 12:12 horas. Después de la habituación a las condiciones de alojamiento, el peso corporal de todos los sujetos fue reducido al 85 %, limitando gradualmente su acceso a alimento durante siete días seguidos. Al final de cada sesión experimental, todas las ratas fueron alimentadas para mantenerlas al 85% de su peso libre, mientras que tuvieron agua ad libitum.

### **Aparatos**

Cinco cámaras de condicionamiento operante (MED Associates, Inc., Model ENV 008-VP) fueron utilizadas. Cada cámara estaba alojada en una caja sonoamortiguada (MED Associates, Inc.,

Model ENV-022M). El suelo de cada cámara era una rejilla compuesta con diecinueve barras de acero inoxidable de .48 cm de diámetro (MED Associates, Inc., Model ENV-005), la cual estaba conectada a un generador de descargas eléctricas (MED Associates, Inc., Model ENV-414S). Cada cámara tenía dos palancas retráctiles (MED Associates, Inc., Model ENV-112CM) localizadas en la pared frontal a 10.5 cm sobre el piso. Los estímulos visuales utilizados fueron: una luz general de 28 V (MED Associates, Inc., Model ENV-215M) situada 1.3 cm por debajo del techo al centro de la pared trasera de la cámara, y dos estimuladores triples, cada uno localizado 1.5 cm por encima de cada palanca. Cada estimulador consistía de una barra de acrílica montada sobre una barra de aluminio con tres aperturas de 1 cm de diámetro separadas por 0.6 cm, los cuales podían proyectar tres luces (roja, blanca y azul) por medio de tres LEDs ultrabrillantes. A 2.5 cm sobre el piso de la cámara, en el centro de la pared frontal, se encontraba un receptáculo de pellets (MED Associates, Inc., Model ENV-200R2M), el cual recibía pellets de precisión de 45 mg (BioServ, Product F0165) a través de un dispensador de pellets (MED Associates, Inc., Model ENV-203M). El receptáculo podía ser iluminado con un foco de 28 V.

La presentación de los estímulos y la recolección de datos se llevaron a cabo por medio de una computadora personal localizada en un cuarto contiguo al de las cámaras experimentales, utilizando el lenguaje de programación Medstate (Med-PC-IV, MED Associates, Inc.).

## **Procedimiento**

### **Habitación, entrenamiento al receptáculo de pellets y entrenamiento para responder a la palanca.**

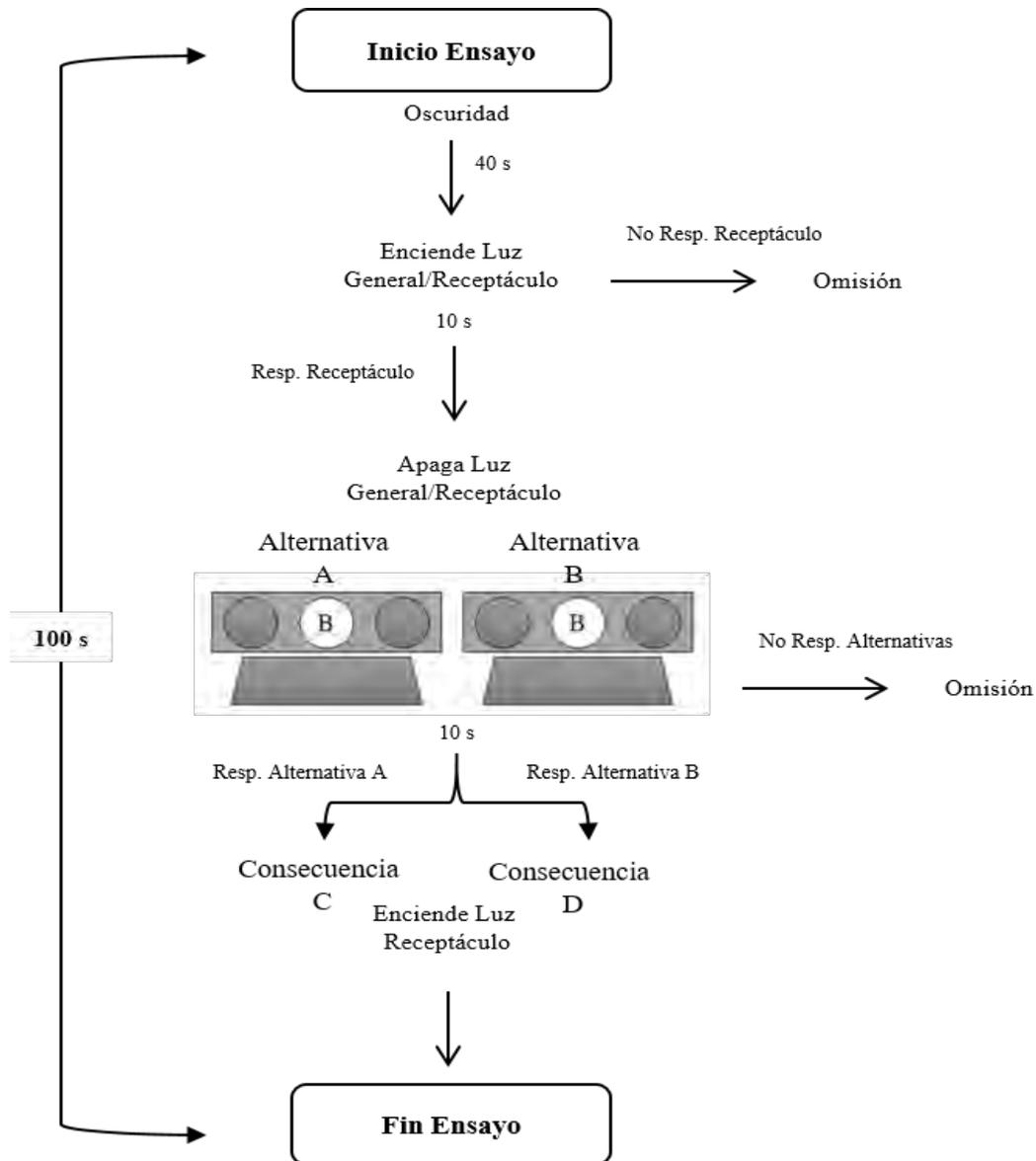
Cuando los sujetos estuvieron al 85 % de su peso libre fueron habituados a la cámara operante por medio de una sesión de 30 minutos en la que 25 pellets estuvieron disponibles en el receptáculo de pellets, mientras la luz general y la luz del receptáculo se encontraban encendidas. La habituación finalizó cuando los sujetos consumieron el total de los pellets disponibles en una sesión. En las siguientes dos sesiones ambas palancas fueron insertadas dentro de la cámara y los sujetos recibían un pellet cada 45 s o inmediatamente después de una presión en cualquiera de las palancas. Cada sesión terminó cuando 60 pellets fueron conseguidos o si transcurrían 40 minutos, lo que ocurriera primero. Si 50 o más reforzadores eran conseguidos por palanqueo, en la siguiente sesión sólo una de las palancas era presentada (contrabalaceada a través de los sujetos); si los sujetos obtenían 80 reforzadores, el mismo procedimiento era repetido para la otra palanca al

siguiente día. Si 80 reforzadores eran obtenidos en dos sesiones consecutivas para cada palanca, el moldeamiento se dio por finalizado y a la siguiente sesión comenzó la condición de pre-entrenamiento.

**Pre-entrenamiento: características básicas del procedimiento y evaluación de la preferencia por la recompensa grande.**

Cada sesión del pre-entrenamiento constó de cinco bloques de ensayos; en cada bloque se presentaban dos ensayos forzados seguidos de seis ensayos de elección. La sesión comenzaba con la caja operante en oscuridad; (ver Figura 2) 40 s después la luz general y la luz del receptáculo de pellets eran encendidas. Si los sujetos metían la nariz dentro del receptáculo de pellets antes de que transcurrieran 10 s, la luz general y la luz del receptáculo eran apagadas, ambas palancas eran presentadas (en un ensayo de elección) y un estímulo localizado por encima de cada una de ellas era encendido. La primera respuesta en alguna de las palancas antes de que transcurrieran 10 s, producía una de dos posibles consecuencias. Mientras una de las palancas estaba asociada a la entrega de un pellet, la otra estaba asociada a la entrega de cuatro pellets (con su posición contrabalanceada a través de los sujetos), ambas entregadas de manera inmediata (0.05 s de demora) (Figura 3a). Una vez entregado el reforzador, todos los estímulos eran apagados y el ensayo era finalizado. Si los sujetos no respondían a alguna de las palancas antes de que transcurrieran los 10 s, finalizaba el ensayo y se contaba como omisión. El intervalo entre la presentación de cada ensayo era de 100 s. Durante los ensayos forzados, los cuales eran presentados al inicio de cada bloque, sólo una de las palancas era presentada de manera aleatoria con las mismas contingencias descritas anteriormente.

Esta fase fue finalizada cuando la proporción de elección (calculada dividiendo el número de veces que los sujetos eligieron la recompensa grande sobre el total de las elecciones) por la recompensa grande fue igual o mayor a .85 durante tres sesiones consecutivas. Cuando esto ocurrió, la posición de la palanca asociada a esta recompensa fue revertida con el fin de descartar un posible sesgo de posición. Cuando la preferencia de los sujetos fue recuperada, pasaron a la siguiente fase del pre-entrenamiento.



**Figura 2.** Diagrama del procedimiento. Cada ensayo iniciaba con la luz general y la luz del receptáculo de pellets encendidas. Si los sujetos respondían en el receptáculo antes de que transcurrieran 10 s, las dos luces eran apagadas, ambas alternativas eran presentadas (ensayo de elección) y el estímulo colocado por encima de cada una de las alternativas era encendido. Si la alternativa A era elegida, se presentaba la consecuencia C; si la alternativa B era elegida, se presentaba la consecuencia D. Ambas consecuencias variaron a través de las condiciones experimentales y su presentación era acompañada con la iluminación del receptáculo de pellets. Cuando no ocurría una respuesta al receptáculo de pellets al inicio del ensayo o los sujetos no elegían alguna de las alternativas antes de que transcurrieran 10 s, el ensayo era cancelado y se contabilizaba como una omisión. El intervalo entre la presentación de cada ensayo fue de 100 s.

### **Pre-entrenamiento: presentación de la descarga eléctrica y ajuste de su intensidad.**

En esta condición, la única diferencia con el procedimiento de la condición anterior fue que se añadió la presentación de una descarga eléctrica de .5 miliamperios (mA) y con duración de 1 s a la entrega de la recompensa grande con el fin de disminuir la preferencia por dicha recompensa (Figura 3b). Si la proporción de elección por la recompensa grande disminuía hasta .35 o menos durante tres sesiones consecutivas, se asumía que la intensidad de la descarga era lo suficientemente aversiva y se proseguía a la siguiente fase. No obstante, la intensidad de la descarga eléctrica podía resultar demasiado intensa para los sujetos llevándolos a dejar de responder o podía ser demasiado débil provocando que su proporción de elección no se viera alterada. Si alguna de las dos situaciones ocurría, la intensidad de la descarga era incrementada o disminuida .1 mA hasta alcanzar una intensidad adecuada.

### **Descuento temporal de la descarga eléctrica: presentación ascendente de las demoras.**

En esta condición se manipuló la demora hasta la presentación de la descarga eléctrica a través de los bloques de ensayos. A lo largo de la sesión experimental la demora fue incrementando 0, 5, 10, 20, y 40 s desde el bloque 1 al 5 respectivamente. Cada uno de los periodos de demora era señalado por una luz diferente que se mantenía parpadeando hasta que se presentaba la descarga eléctrica (ver Figura 3c).

Con el paso de las sesiones experimentales los sujetos mostraron habituación a los efectos de la descarga eléctrica, lo cual era fácilmente identificado cuando su proporción de elección por la recompensa grande durante el bloque en el que la descarga era presentada de manera inmediata era igual o mayor a .5 durante tres sesiones consecutivas. Cuando esto ocurría, la intensidad de la descarga era aumentada .1 mA.

### **Descuento temporal de la descarga eléctrica: presentación descendente de las demoras.**

Con el fin de descartar un proceso de habituación dentro de la sesión como variable responsable de los datos obtenidos en la condición anterior, en la siguiente fase, la presentación de las demoras a la descarga eléctrica fue en orden descendente (40, 20, 10, 5 y 0 s) (Figura 3d).

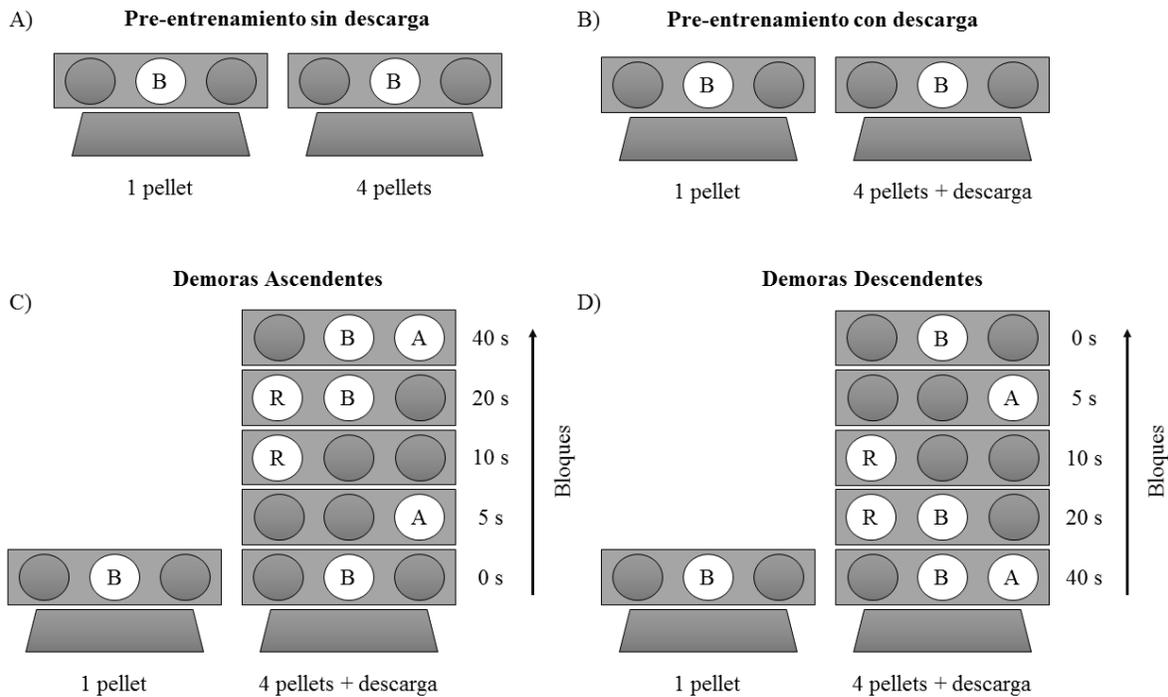
### **Análisis de Datos**

Durante las condiciones de pre-entrenamiento se calculó la proporción de elección por la recompensa grande para cada uno de los sujetos, hasta que alcanzaron el criterio de estabilidad (tres sesiones consecutivas en las que la proporción de elección por la recompensa grande fuera

igual o mayor a .85). Durante las condiciones de descuento temporal (ascendente y descendente) se consideró estable la conducta de elección cuando al agrupar las últimas quince sesiones en cinco bloques de tres, en el quinto bloque la media de la proporción de elección en cada periodo demora no fue la más alta ni la más baja. En las condiciones de descuento se calculó la proporción de elección por la recompensa pequeña, la cual fue graficada como función de la demora a la descarga eléctrica asociada a la recompensa grande. Un ANOVA de medidas repetidas fue utilizado para evaluar el efecto de Condición (ascendente y descendente) y Demora (0, 5, 10, 20, 40 s). En estas dos condiciones también se calcularon dos índices de preferencia adicionales: la latencia de aceptación y el porcentaje de ensayos omitidos para cada alternativa durante los ensayos forzados. Un ANOVA de medidas repetidas fue utilizado para evaluar el efecto de Condición (ascendente y descendente), Tipo de Ensayo Forzado (recompensa pequeña sin descarga; recompensa grande con descarga) y Demora (0, 5, 10, 20, 40 s). Para cuantificar la sensibilidad a la demora el siguiente modelo fue ajustado a los datos (último bloque de tres sesiones) individuales y al promedio grupal:

$$V = \frac{M}{1 + kD}$$

Donde **V** representa el valor de la alternativa, indicado por la proporción de elección, **M** representa el punto inicial de la curva, **D** representa la demora a la descarga eléctrica y **k** representa la sensibilidad a la demora. Los parámetros y la varianza explicada obtenida de los datos de la condición ascendente y descendente fueron comparados con una prueba t para muestras relacionadas.



**Figura 3.** Ilustración de las diferentes condiciones experimentadas por los sujetos. El panel A y B representan las contingencias durante el pre-entrenamiento con y sin descarga, respectivamente. El panel C y D representan las contingencias durante las condiciones de descuento temporal de demoras ascendente y descendente, respectivamente. Los círculos representan los estímulos asociados a cada demora a la descarga eléctrica. Las letras representan el color de los estímulos visuales (B = Blanco; A = Azul; R = Rojo).

## Resultados

### Pre-entrenamiento

Durante el pre-entrenamiento todos los sujetos desarrollaron una fuerte preferencia por la recompensa grande (posición 1), la cual fue mantenida incluso después de ser revertida su localización (posición 2); al final, la proporción de elección fue  $.97 \pm .01$  (media  $\pm$  error estándar de la media (SEM)) y  $.96 \pm .01$  después de la reversión. Cuando la presentación de la descarga fue añadida a la entrega de la recompensa grande, la preferencia de los sujetos por esta alternativa disminuyó. En la Tabla 1 se muestra la proporción de elección por la recompensa grande (media  $\pm$  SEM) para cada sujeto durante el pre-entrenamiento sin descarga y con descarga, respectivamente. También se muestra la intensidad de la descarga bajo la cual cada sujeto completó la condición de pre-entrenamiento y ambas condiciones de descuento temporal.

**Tabla 1.** Media y SEM de la proporción de elección por la recompensa grande durante el pre-entrenamiento con descarga y sin descarga, y la intensidad de la descarga en cada una de las condiciones.

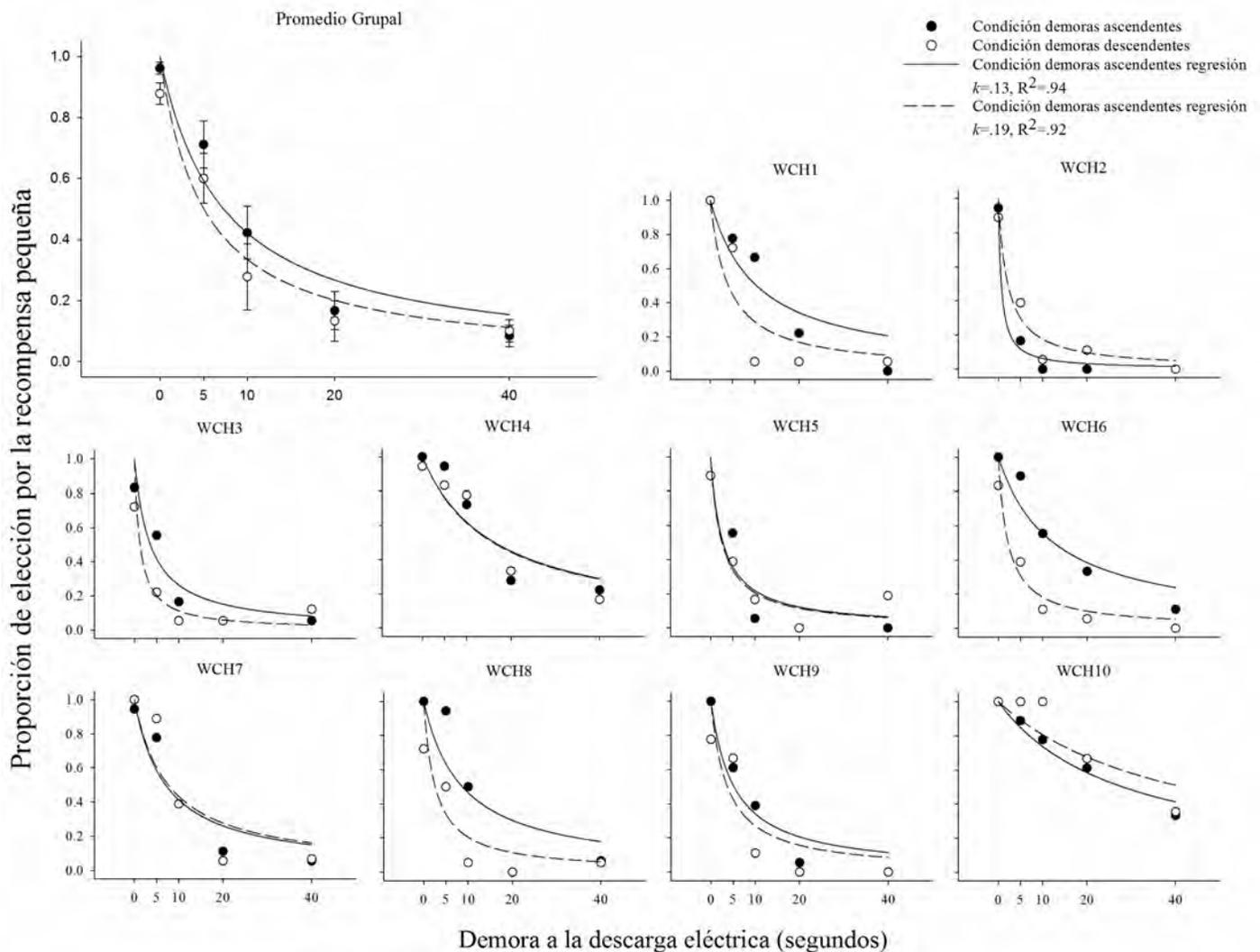
Sujeto	Proporción de elección por la recompensa grande					
	Pre-entrenamiento			Intensidad de la descarga (mA)		
	Sin descarga		Con descarga	Pre-entrenamiento	Demoras Ascendentes	Demoras Descendentes
	Posición 1	Posición 2				
WCH1	1 ± 0.0	0.94 ± 0.01	0.32 ± 0.31	0.6	0.8	0.7
WCH2	0.98 ± 0.01	1 ± 0.0	0.32 ± 0.17	0.6	0.45	0.45
WCH3	0.98 ± 0.01	0.99 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.75	0.7	0.8
WCH4	0.99 ± 0.01	0.98 ± 0.02	0.29 ± 0.11	0.8	0.9	0.9
WCH5	1 ± 0.0	0.96 ± 0.02	0.26 ± 0.16	0.4	0.6	0.7
WCH6	0.96 ± 0.02	0.96 ± 0.04	0.07 ± 0.05	0.85	0.9	0.75
WCH7	0.96 ± 0.0	0.98 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.35	0.6	0.8
WCH8	0.93 ± 0.02	0.94 ± 0.01	0.33 ± 0.12	0.8	0.9	1
WCH9	0.97 ± 0.02	0.96 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.5	0.65	0.85
WCH10	0.97 ± 0.02	0.94 ± 0.01	0.0 ± 0.0	0.4	0.8	0.9
<b>Promedio</b>	<b>0.97 ± 0.01</b>	<b>0.96 ± 0.01</b>	<b>0.17 ± 0.10</b>			

## Descuento Temporal

### Proporción de elección

La Figura 4 muestra el promedio grupal y los datos individuales de la proporción de elección de elección por la recompensa pequeña en función de la demora a la descarga eléctrica asociada a la recompensa grande, durante las últimas tres sesiones (que corresponden al último bloque estable) de la condición ascendente (círculos negros) y descendente (círculos blancos). Los datos fueron obtenidos cuando los sujetos alcanzaron el criterio de estabilidad (Apéndice A, condición demoras ascendentes; Apéndice B, condición demoras descendentes), lo cual ocurrió después de  $46.8 \pm 8.09$  sesiones bajo una misma intensidad en la condición ascendente y después de  $47.9 \pm 4.66$  sesiones en la condición descendente. En ambas condiciones todos los sujetos disminuyeron su preferencia por la recompensa pequeña (incrementando su preferencia por la recompensa grande con descarga) cuando la descarga eléctrica asociada a la recompensa grande estuvo demorada. Un ANOVA con Condición (ascendente y descendente) y Demora (0, 5, 10, 20 y 40 s) como factores intra-sujetos, indicó que el factor Demora ejerció un efecto significativo ( $F_{(4, 36)}=88.71, p<.001$ ) sobre la proporción de elección por la recompensa pequeña, pero que el efecto del factor Condición y su interacción con el factor Demora no fueron significativos ( $F_{(1, 9)}= 3.00, p=.12$  y  $F_{(4, 36)}= 1.84, p=.14$ , respectivamente). Un análisis post hoc Bonferroni mostró que hubo diferencias

significativas entre las demoras 0, 5 y 10 s (todas las  $p < .03$ ) pero no entre las demoras 20 y 40 s ( $p = .74$ ). Con el objetivo de cuantificar la sensibilidad a la demora de cada sujeto, se ajustó el modelo hiperbólico de descuento temporal. En la Figura 2 también se muestra la función mejor ajustada a los datos de cada individuo en cada condición, y los valores de  $k$  y la varianza explicada por el modelo ( $R^2$ ) para el promedio grupal. En la tabla 2, se muestran los datos individuales. Una prueba  $t$  para muestras relacionadas mostró que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre condiciones ni para las  $k$  ( $t_{(9)} = .28, p = .78$ ) ni para la varianza explicada ( $t_{(9)} = 1.83, p = 0.10$ ).



**Figura 4.** Media y SEM, de la proporción de elección por la recompensa pequeña en función de la demora a la descarga eléctrica asociada a la recompensa grande. Los círculos negros representan los datos de la condición de demoras ascendentes, y los círculos blancos representan los datos de la condición descendente. Las curvas representan las funciones del ajuste hiperbólico (línea sólida = ajuste de la condición demoras ascendentes; línea punteada = ajuste de la condición demoras descendentes).

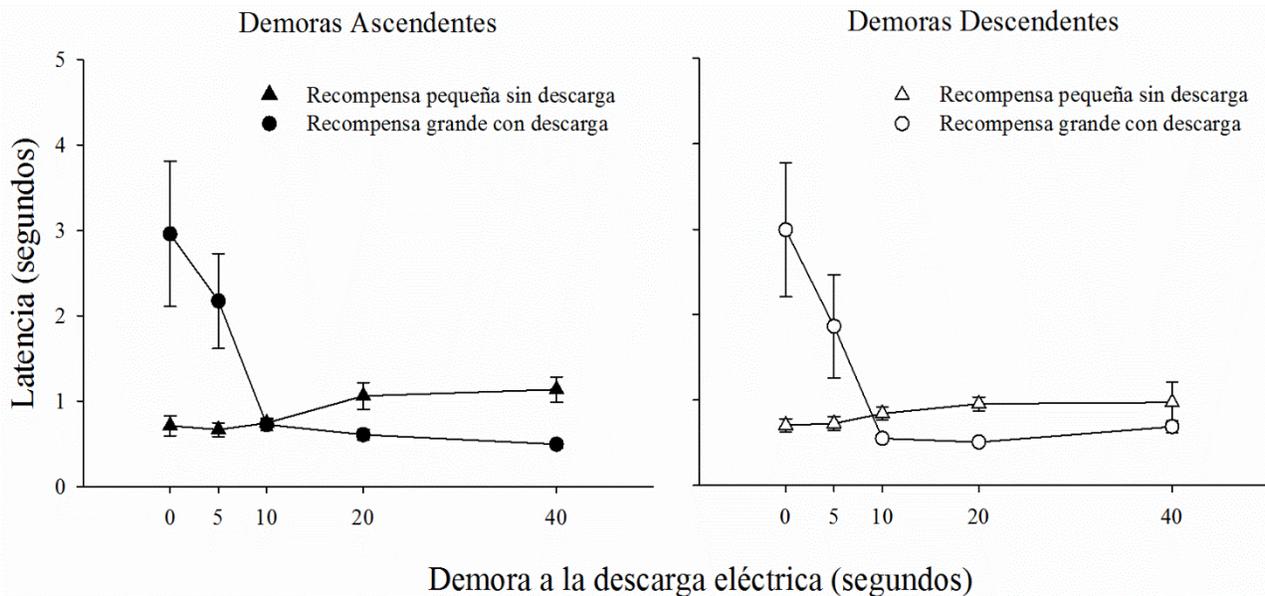
**Tabla 2.** Parámetros y varianza explicada por el modelo hiperbólico ajustado a los datos de cada sujeto en cada condición.

Sujeto	Demoras Ascendentes		Demoras Descendentes	
	k	R <sup>2</sup>	k	R <sup>2</sup>
WCH1	0.10	0.86	0.24	0.82
WCH2	1.49	0.98	0.47	0.93
WCH3	0.28	0.86	0.79	0.72
WCH4	0.06	0.86	0.06	0.87
WCH5	0.36	0.82	0.39	0.90
WCH6	0.08	0.91	0.45	0.91
WCH7	0.14	0.88	0.13	0.82
WCH8	0.11	0.64	0.39	0.67
WCH9	0.19	0.93	0.27	0.70
WCH10	0.04	0.96	0.02	0.78
<b>Promedio</b>	<b>0.28 ± 0.14</b>	<b>0.87 ± 0.03</b>	<b>0.32 ± 0.07</b>	<b>0.81 ± 0.03</b>

### Latencias

En la Figura 5 se muestra la media y el SEM de las latencias de aceptación de cada alternativa durante los ensayos forzados, durante las últimas cinco sesiones de la condición ascendente y descendente. En ambas condiciones, la latencia para aceptar la recompensa grande fue función de la demora a la descarga eléctrica: conforme la demora incrementó, la latencia disminuyó. Mientras que la latencia para aceptar la recompensa pequeña no varió en función de la demora a la descarga. Un ANOVA fue utilizado con Condición, Tipo de Recompensa y Demora como factores intra-sujetos. El análisis mostró un efecto significativo de Tipo de Recompensa ( $F_{(1, 8)}=9.16, p=.016$ ), siendo más alta la latencia para aceptar el ensayo forzado de la recompensa grande con descarga. El efecto de Demora también fue significativo ( $F_{(4, 32)}=10.36, p=.0001$ ), indicando que la latencia para aceptar los ensayos forzados fue disminuyendo en función de la demora. Este efecto es debido a las latencias para aceptar la recompensa grande con descarga, como indica la interacción entre Tipo de Recompensa y Demora, la cual fue significativa ( $F_{(4, 32)}=13.97, p=.0001$ ). Un análisis post hoc indicó que existieron diferencias para aceptar la recompensa grande con descarga entre las demoras más cortas (0 s) y las más largas (10, 20, 40 s). Mientras que la latencia para aceptar la

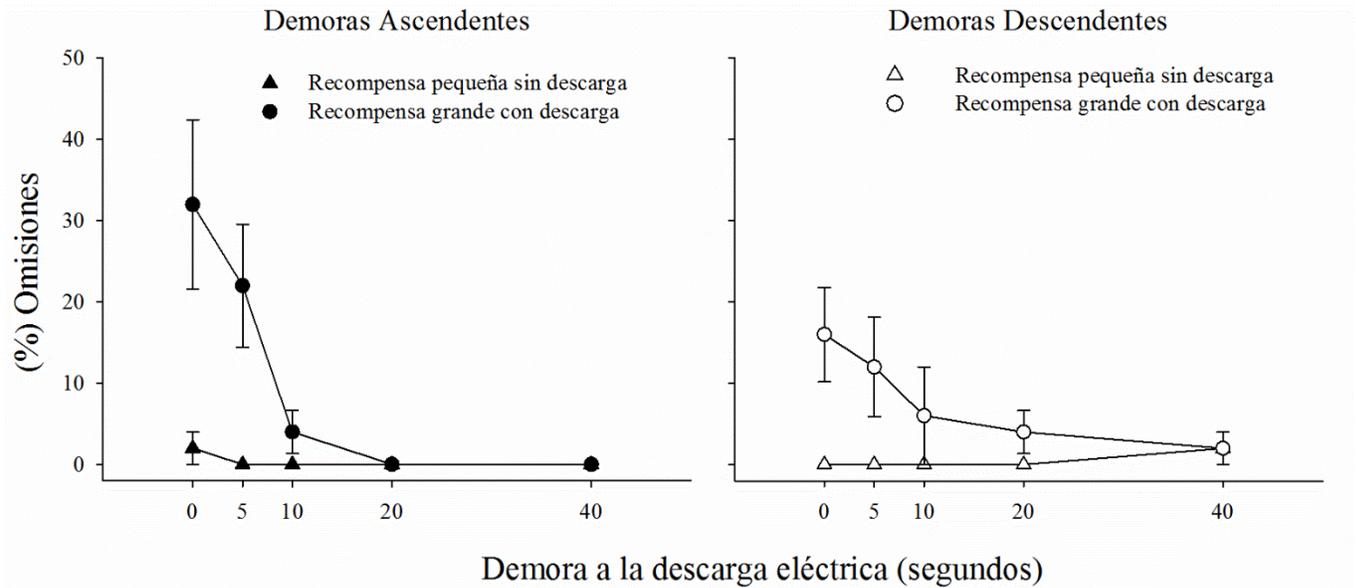
recompensa pequeña se mantuvo constante. El efecto principal de condición, así como sus interacciones no fue significativo (todas las  $F$ 's < .19, todas las  $p$ 's > .75).



**Figura 5.** Media y SEM grupal de la latencia para aceptar cada recompensa durante los ensayos forzados de las últimas cinco sesiones de cada condición, como una función de la demora a la descarga eléctrica asociada a la recompensa grande. Los símbolos representan la latencia para aceptar las diferentes recompensas (Triángulos = recompensa pequeña sin descarga; Círculos = recompensa grande con descarga). Los símbolos negros representan la condición de demoras ascendentes (panel izquierdo); los símbolos blancos representan la condición de demoras descendentes (panel derecho).

### Omisiones

La Figura 6 muestra la media y el SEM del porcentaje de los ensayos forzados omitidos de cada recompensa, durante las últimas cinco sesiones para la condición ascendente y descendente. Como se muestra en la figura, el porcentaje de omisiones durante la demora 0, 5 y 10 s fue mayor para la recompensa grande con descarga, pero fue disminuyendo hasta llegar a cero cuando la descarga estuvo demorada 20 y 40 s. Mientras tanto, el porcentaje de omisiones se mantuvo constante (en 0 %) para la recompensa pequeña al no ser afectado por la demora a la descarga asociada a la recompensa grande. Debido a que no hubo varianza durante las demoras más largas (20 y 40 s) a la descarga en la recompensa grande, ni en todas las demoras en la recompensa pequeña, un ANOVA exploró el efecto de Condición y Demora solamente para la recompensa grande. El análisis mostró un efecto significativo de Demora ( $F_{(2, 18)} = 12.28, p < .001$ ). Un análisis post hoc Bonferroni reveló que el porcentaje de omisiones fue significativamente diferente entre las demoras 0 y 5 s y entre la demora 5 y 10 s ( $p = .01$  y  $p = .05$ , respectivamente). No hubo efecto significativo del factor condición ( $F_{(1, 9)} = 1.67, p = .23$ ) ni de su interacción con el factor demora ( $F_{(2, 18)} = 1.14, p = .34$ ).



**Figura 6.** Media y SEM grupal del porcentaje de omisiones durante los ensayos forzados de las últimas cinco sesiones de cada condición, como una función de la demora a la descarga eléctrica asociada a la recompensa grande. Los símbolos representan el porcentaje de omisiones asociado a las diferentes recompensas (Triángulos = recompensa pequeña sin descarga; Círculos = recompensa grande con descarga). Los símbolos negros representan la condición de demoras ascendentes (panel izquierdo); los símbolos blancos representan la condición de demoras descendentes (panel derecho).

### Discusión

El objetivo del presente experimento fue describir el cambio en el valor de una consecuencia aversiva en función de la demora hasta su presentación. El principal resultado fue que el impacto de la descarga eléctrica sobre la preferencia de los sujetos disminuyó en función de la demora hasta su presentación. Este efecto fue cuantificado mediante una función de descuento temporal, la cual fue bien descrita por una función hiperbólica. Este dato complementa la investigación que se ha realizado en descuento temporal con consecuencias positivas. A pesar de que se ha reportado que las consecuencias aversivas son sensibles al efecto de la demora, debido a que pierden impacto sobre la conducta cuando están demoradas (Baron, 1965; Camp et al., 1967; Deluty, 1978), este es el primer estudio con ratas y el segundo con animales no humanos que ha obtenido directamente una curva de descuento temporal para cuantificar esta pérdida en el valor de una consecuencia aversiva.

En una primera condición de pre-entrenamiento los sujetos elegían entre dos recompensas entregadas inmediatamente pero que diferían en magnitud (1 vs 4 pellets); cuando existió una fuerte preferencia por la recompensa grande, fue añadida la presentación de una descarga eléctrica la cual

disminuyó dicha preferencia. Esta disminución es consistente con lo que se ha reportado en estudios anteriores que demuestran que una consecuencia aversiva disminuye el valor de una alternativa fuertemente preferida (Azrin, 1960; Deluty, 1976), lo que valida las propiedades aversivas de la descarga eléctrica utilizada en el presente estudio. Con el objetivo de asegurar que la descarga fuera aversiva para cada uno de los sujetos, fue necesario ajustar su intensidad individualmente, lo cual es un método muy común en estudios que emplean consecuencias aversivas (Azrin, 1960; Cohen, 1968; Deluty, 1976; Woolverton et al., 2012). En la Tabla 1 se muestran las intensidades de la descarga bajo la cual cada sujeto completó cada una de las condiciones experimentales y cuyo rango es de 0.35 a 1 mA, el cual, comprende intensidades que han sido utilizadas en otros experimentos (Bouzas, 1978; Camp et al., 1967; Cohen, 1968; Simon, Gilbert, Mayse, Bizon, & Setlow, 2009).

Cuando la descarga eléctrica fue demorada durante la condición de descuento temporal, los sujetos mostraron sensibilidad a la demora al recobrar la preferencia por la recompensa grande; para representar este cambio en su preferencia como una función de descuento temporal, se graficó la proporción de elección por la recompensa pequeña sin descarga, la cual complementa la preferencia por la recompensa grande (dado que al inicio de la sesión la demora a la descarga es menor, los sujetos muestran preferencia por la recompensa pequeña, misma que va disminuyendo conforme la demora aumenta, llevando a los sujetos a elegir progresivamente la recompensa grande). Al ajustar el modelo hiperbólico a los datos obtenidos, el rango de varianza explicada para los datos individuales fue de 0.64 a 0.98 y de 0.67 a 0.93 para la condición de demoras ascendentes y descendentes, respectivamente; y fue 0.94 (demoras ascendentes) y 0.92 (demoras descendentes) para el dato grupal. Estos valores indican un buen ajuste del modelo hiperbólico, similar a lo que se ha reportado en experimentos de descuento temporal de recompensas (Green et al., 2004; Richards et al., 1997). Para hacer comparables los resultados obtenidos en el presente estudio con consecuencias aversivas con aquellos resultados obtenidos con consecuencias positivas, se ajustó el modelo hiperbólico –en lugar de un modelo más complejo como el hiperboloide- porque ha mostrado ser el modelo más parsimonioso para describir datos de descuento temporal de ratas y palomas (Aparicio, 2015), contrario a lo que se ha encontrado en investigación con humanos, en la cual, el modelo hiperboloide explica una mayor proporción de varianza (Myerson & Green, 1995). Evidencia convergente del impacto de la demora sobre el valor de la descarga eléctrica fue obtenida del análisis de las latencias y de las omisiones durante los ensayos forzados; ambas medidas fueron

sensibles al efecto de la demora ya que la latencia para aceptar la recompensa grande fue más rápida y hubo una mayor probabilidad de aceptación cuando la descarga estaba más demorada. A pesar de que la proporción de elección es calculada de los ensayos libres, y las latencias y omisiones de los ensayos forzados, las tres medidas apuntan a una misma conclusión: la eficacia de la descarga eléctrica sobre la preferencia de los sujetos fue menor cuando se encontraba más demorada. Este efecto pudo ser facilitado debido a una mayor discriminación de los periodos de demora, debido a que cada uno de ellos estaba señalado de manera diferencial con un estímulo discriminativo. Aunque esta manipulación no se presenta en el procedimiento original de Evenden y Ryan (1996), ha sido efectiva en otros procedimientos en los que ocurre un cambio rápido en la demora, la magnitud o la frecuencia de reforzamiento dentro de una misma sesión (Hanna, Blackman, & Todorov, 1992; Pope, Newland, & Hutsell, 2015).

Como es común en los experimentos que emplean consecuencias aversivas (Chen & Amsel, 1982; Church, LoLordo, Overmier, Solomon, & Turner, 1966), con el transcurso de las sesiones experimentales los sujetos mostraron habituación a la descarga eléctrica. Una de las principales ventajas del procedimiento empleado es que permite identificar que un sujeto presenta habituación cuando su proporción de elección por la recompensa grande con descarga en el bloque en el que ésta es presentada inmediatamente, es mayor o igual a .5 durante tres sesiones consecutivas. Cuando esto ocurría, la estrategia para contrarrestar los efectos de la habituación fue incrementar la intensidad de la descarga .1 mA. Que a lo largo del experimento los sujetos mostraran menor sensibilidad a los efectos de la descarga es un ejemplo de habituación a largo plazo; no obstante, dado que también recibían descargas constantemente dentro de la misma sesión experimental, es posible que conforme ésta avanzaba, la sensibilidad de los sujetos a la descarga disminuyera. De ser así, la preferencia por la alternativa grande incrementaría conforme la sesión progresaba debido a un proceso de habituación a corto plazo; lo cual arrojaría datos similares a los obtenidos durante la condición de descuento temporal cuando la presentación de las demoras fue en orden ascendente. Para poder distinguir entre descuento temporal y un proceso de habituación a corto plazo como la variable relevante que pudiera explicar el patrón de resultados obtenidos, los sujetos fueron sometidos a una subsecuente condición en la que el orden de presentación de las demoras a la descarga fue descendente (40, 20, 10, 5 y 0 s), y en la que se encontró que los sujetos fueron igualmente sensibles a la demora, resultado que descarta a la habituación a corto plazo como responsable de las funciones de descuento temporal obtenidas en la condición ascendente. Esta

conclusión es sustentada estadísticamente ya que el factor condición (demoras ascendentes vs demoras descendentes) no fue significativo en ninguna de las variables analizadas.

Dado que en el actual experimento se obtuvo una función de descuento temporal para una consecuencia aversiva, este podría ser visto como el primer paso para realizar investigación que tenga como objetivo comparar el descuento temporal de consecuencias positivas y aversivas. La investigación que se ha realizado comparando ambos tipos de descuento temporal ha concluido, por ejemplo, que los reforzadores se descuentan más abruptamente que las consecuencias aversivas (Estle et al., 2006; Gonçalves & Silva, 2015). Sin embargo, la generalidad de estas conclusiones se encuentra limitada debido a que los experimentos se han realizado exclusivamente con humanos y a que emplean solamente pérdidas monetarias hipotéticas como estímulos aversivos. Aunque el objetivo del presente estudio no fue comparar las funciones de descuento temporal de consecuencias aversivas y positivas, los valores de  $k$  obtenidos en las condiciones de demoras ascendentes ( $k = 0.13$ ) y descendentes ( $k = 0.19$ ) son similares a los que se han reportado en otros estudios de descuento temporal en donde se ha utilizado comida (Mazur & Biondi, 2009) y agua (Richards et al., 1997) como reforzador. Estos resultados sugieren que las funciones de descuento temporal para consecuencias aversivas y positivas son similares.

Este resultado ha sido encontrado en investigación de descuento probabilístico, el cual es un tópico de investigación relacionado cercanamente a descuento temporal (Green & Myerson, 2004; Rachlin, 2006), dado que tanto la probabilidad y la demora al reforzamiento son variables que influyen en la preferencia de los organismos. Un estudio reciente, en el cual se emplea un procedimiento similar al utilizado en este experimento, ha arrojado información sobre el descuento probabilístico de consecuencias aversivas (descarga eléctrica) utilizando animales como sujetos, el cual también fue comparado con el descuento de consecuencias positivas (comida), encontrando que no hay diferencias en el grado de descuento de ambos tipos de estímulos (Simon et al., 2009). Simon et al. (2009), pusieron a elegir a sus sujetos entre una recompensa pequeña sin descarga y una recompensa grande con descarga. Durante la sesión experimental, la probabilidad de presentación de la descarga fue incrementando (0, .25, .5, .75 y 1); de tal manera que, cuando al inicio la probabilidad de que ocurriera la descarga fue menor, los sujetos mostraron preferencia por la alternativa grande con descarga. Sin embargo, cuando la probabilidad fue mayor, la preferencia por esta recompensa fue disminuyendo. Este cambio en la preferencia de los sujetos permitió la

obtención de una curva de descuento probabilístico la cual refleja la sensibilidad a la probabilidad de presentación de la descarga eléctrica. Este procedimiento ha sido ampliamente utilizado para explorar diferentes variables potencialmente importantes que afectan el descuento probabilístico de una consecuencia aversiva real; por ejemplo, se ha estudiado el impacto que tiene el variar factores motivacionales tales como la magnitud de la recompensa grande y la intensidad de la descarga eléctrica (Shimp, Mitchell, Beas, Bizon, & Setlow, 2015) , la diferencia entre sexos (Orsini, Willis, Gilbert, Bizon, & Setlow, 2016), la administración de agonistas y antagonistas dopaminérgicos (Simon et al., 2011) y otros fármacos (Mitchell et al., 2012; Mitchell, Vokes, Blankenship, Simon, & Setlow, 2011), y de lesiones en estructuras específicas del cerebro tales como la amígdala basolateral (BLA) y la corteza orbitofrontal (COF) (Orsini, Trotta, Bizon, & Setlow, 2015).

Por último, las principales contribuciones del presente estudio son: (1) los datos obtenidos de la condición ascendente y descendente permiten cuantificar el efecto que tiene la demora sobre el valor de un estímulo aversivo por medio de una función de descuento temporal, (2) la demostración de que tales funciones fueron bien descritas por el modelo hiperbólico de descuento temporal y (3) la propuesta de un procedimiento que permita estudiar descuento temporal de consecuencias aversivas. Debido a lo importante que es estudiar las diferentes variables ambientales que influyen en la elección de los organismos cuando existen consecuencias aversivas involucradas, el procedimiento empleado en este experimento podría servir como herramienta para investigar las bases anatómicas y farmacológicas del descuento temporal de estímulos aversivos, la cuales, han sido escasamente investigadas, A la fecha, sólo dos estudios han explorado directamente las estructuras relacionadas al descuento de ganancias y pérdidas, sin embargo las conclusiones no han sido del todo claras; mientras uno propone que el descuento temporal de ganancias y pérdidas es mediado por dos sistemas diferentes que comprenden regiones como: la corteza prefrontal dorsolateral, orbitofrontal lateral, y parietal posterior (para ganancias y pérdidas), y estructuras como el tálamo y el estriado (que se activan sólo para pérdidas) (Xu, Liang, Wang, Li, & Jiang, 2009); el otro concluye que es un sistema superpuesto el que se relaciona a ambos tipos de descuento, el cual comprende regiones occipitales, parietales y prefrontales (Faralla et al., 2015).

En investigación con consecuencias positivas, el procedimiento de Evenden y Ryan (1996) ha sido ampliamente utilizado para conocer los determinantes del descuento temporal de recompensas

(Cardinal, 2006; Vanderveldt et al., 2016) debido a que permite la obtención de una curva de descuento temporal en una sola sesión experimental, característica que resulta ventajosa cuando se evalúan los efectos agudos de un fármaco o el impacto que tiene una lesión en alguna región del Sistema Nervioso Central. Dado que el procedimiento propuesto en este estudio es una extensión del desarrollado por Evenden y Ryan (1996), es adecuado pensar que podría ser utilizado con la finalidad de entender los factores determinantes del descuento de consecuencias aversivas.

## Referencias

- Ainslie, G., & Herrnstein, R. J. (1981). Preference reversal and delayed reinforcement. *Animal Learning & Behavior*, 9(4), 476-482.
- Alessi, S. M., & Petry, N. M. (2003). Pathological gambling severity is associated with impulsivity in a delay discounting procedure. *Behav Processes*, 64(3), 345-354.
- Aparicio, C. F. (2015). Comparing models of intertemporal choice: Fitting data from Lewis and Fischer 344 rats. *Conductual*, 3(2).
- Azrin, N. H. (1960). Effects of punishment intensity during variable-interval reinforcement. *J Exp Anal Behav*, 3, 123-142. doi: 10.1901/jeab.1960.3-123
- Azrin, N. H., & Holz, W. C. (1966). Punishment. *Operant behavior: Areas of research and application*, 380-447.
- Banks, R. K., & Vogel-Sprott, M. (1965). Effect of delayed punishment on an immediately rewarded response in humans. *J Exp Psychol*, 70(4), 357-359.
- Baron, A. (1965). Delayed Punishment of a Runway Response. *J Comp Physiol Psychol*, 60, 131-134.
- Bouzas, A. (1978). The relative law of effect: effects of shock intensity on response strength in multiple schedules. *J Exp Anal Behav*, 30(3), 307-314.
- Cami, J., & Farre, M. (2003). Drug addiction. *N Engl J Med*, 349(10), 975-986. doi: 10.1056/NEJMra023160
- Camp, D. S., Raymond, G. A., & Church, R. M. (1967). Temporal relationship between response and punishment. *J Exp Psychol*, 74(1), 114.
- Cardinal, R. N. (2006). Neural systems implicated in delayed and probabilistic reinforcement. *Neural Netw*, 19(8), 1277-1301. doi: 10.1016/j.neunet.2006.03.004
- Cardinal, R. N., Robbins, T. W., & Everitt, B. J. (2000). The effects of d-amphetamine, chlordiazepoxide, alpha-flupenthixol and behavioural manipulations on choice of signalled and unsignalled delayed reinforcement in rats. *Psychopharmacology (Berl)*, 152(4), 362-375.
- Cohen, P. S. (1968). Punishment: the interactive effects of delay and intensity of shock. *J Exp Anal Behav*, 11(6), 789-799.
- Critchfield, T. S., & Kollins, S. H. (2001). Temporal discounting: basic research and the analysis of socially important behavior. *J Appl Behav Anal*, 34(1), 101-122. doi: 10.1901/jaba.2001.34-101
- Chen, J.-s., & Amsel, A. (1982). Habituation to shock and learned persistence in preweanling, juvenile, and adult rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 8(2), 113.
- Church, R. M., LoLordo, V., Overmier, J. B., Solomon, R. L., & Turner, L. H. (1966). Cardiac responses to shock in curarized dogs: effects of shock intensity and duration, warning signal, and prior experience with shock. *J Comp Physiol Psychol*, 62(1), 1-7.
- D'Amato, M., & Gumenik, W. (1960). Some effects of immediate versus randomly delayed shock on an instrumental response and cognitive processes. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 60(1), 64.
- De Villiers, P. (1977). Choice in concurrent schedules and a quantitative formulation of the law of effect. *Handbook of operant behavior*, 233-287.
- Deluty, M. Z. (1976). Choice and the rate of punishment in concurrent schedules. *J Exp Anal Behav*, 25(1), 75-80.
- Deluty, M. Z. (1978). Self-control and impulsiveness involving aversive events. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 4(3), 250.
- Estle, S. J., Green, L., Myerson, J., & Holt, D. D. (2006). Differential effects of amount on temporal and probability discounting of gains and losses. *Mem Cognit*, 34(4), 914-928.
- Evenden, J. L., & Ryan, C. N. (1996). The pharmacology of impulsive behaviour in rats: the effects of drugs on response choice with varying delays of reinforcement. *Psychopharmacology (Berl)*, 128(2), 161-170.

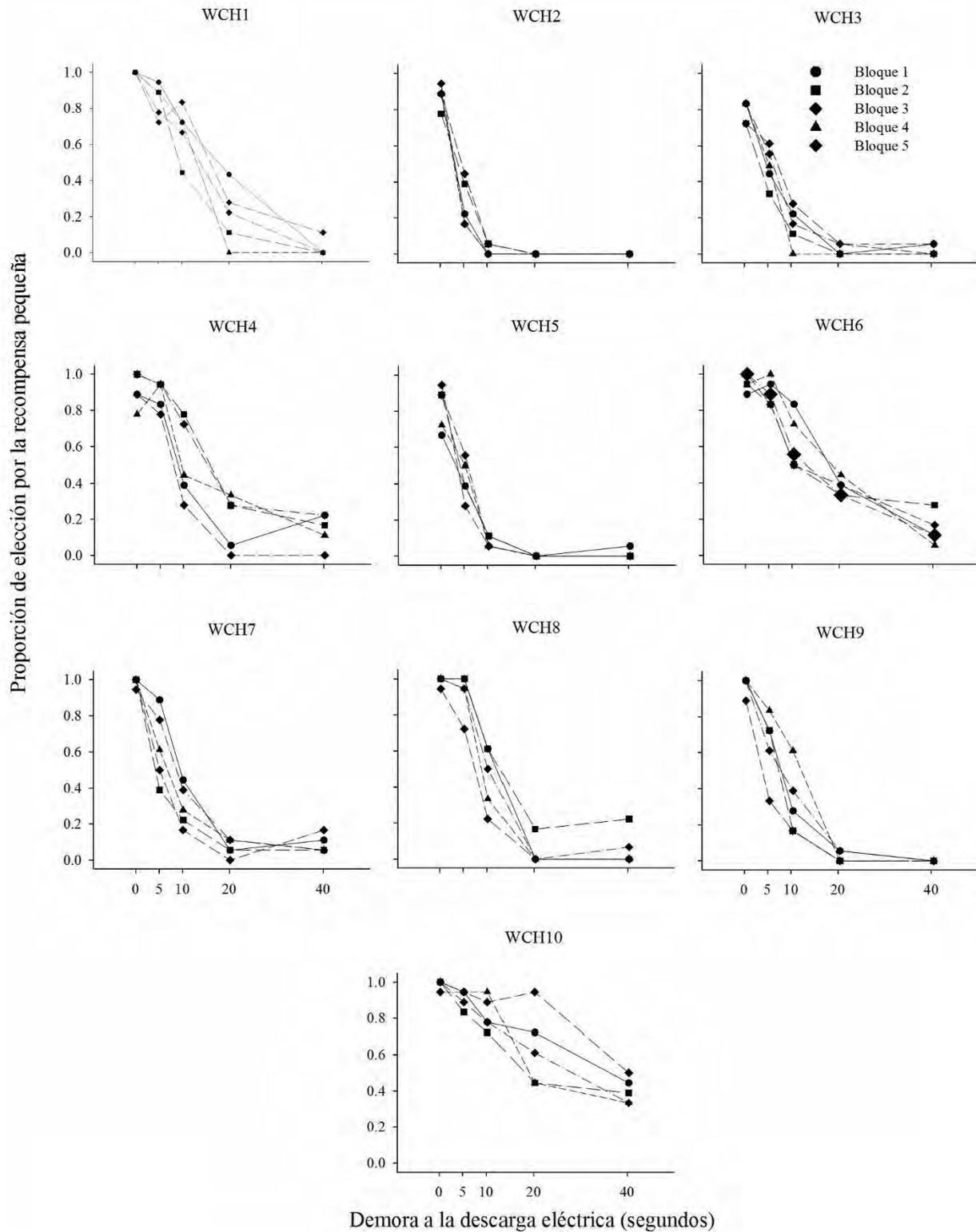
- Fantino, E., & Logan, C. A. (1979). *The experimental analysis of behavior*: WH Freeman San Francisco.
- Faralla, V., Benuzzi, F., Lui, F., Baraldi, P., Dimitri, N., & Nichelli, P. (2015). Neural correlates in intertemporal choice of gains and losses. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, *8*(1), 27.
- Freeman, K. B., Green, L., Myerson, J., & Woolverton, W. L. (2009). Delay discounting of saccharin in rhesus monkeys. *Behav Processes*, *82*(2), 214-218. doi: 10.1016/j.beproc.2009.06.002
- Freeman, K. B., Nonnemacher, J. E., Green, L., Myerson, J., & Woolverton, W. L. (2012). Delay discounting in rhesus monkeys: equivalent discounting of more and less preferred sucrose concentrations. *Learn Behav*, *40*(1), 54-60. doi: 10.3758/s13420-011-0045-3
- Gonçalves, F. L., & Silva, M. T. A. (2015). Comparing individual delay discounting of gains and losses. *Psychology & Neuroscience*, *8*(2), 267.
- Green, L., & Myerson, J. (2004). A discounting framework for choice with delayed and probabilistic rewards. *Psychol Bull*, *130*(5), 769-792. doi: 10.1037/0033-2909.130.5.769
- Green, L., Myerson, J., Holt, D. D., Slevin, J. R., & Estle, S. J. (2004). Discounting of delayed food rewards in pigeons and rats: is there a magnitude effect? *J Exp Anal Behav*, *81*(1), 39-50. doi: 10.1901/jeab.2004.81-39
- Hanna, E. S., Blackman, D. E., & Todorov, J. C. (1992). Stimulus effects on concurrent performance in transition. *J Exp Anal Behav*, *58*(2), 335-347.
- Jimura, K., Myerson, J., Hilgard, J., Keighley, J., Braver, T. S., & Green, L. (2011). Domain independence and stability in young and older adults' discounting of delayed rewards. *Behav Processes*, *87*(3), 253-259. doi: 10.1016/j.beproc.2011.04.006
- Kelly, E., Darke, S., & Ross, J. (2004). A review of drug use and driving: epidemiology, impairment, risk factors and risk perceptions. *Drug and alcohol review*, *23*(3), 319-344.
- Kirby, K. N. (1997). Bidding on the future: Evidence against normative discounting of delayed rewards. *Journal of Experimental Psychology-General*, *126*(1), 54-70.
- Knapp, R. K., Kause, R. H., & Perkins, C. C., Jr. (1959). Immediate vs. delayed shock in T-maze performance. *J Exp Psychol*, *58*, 357-362.
- MacKillop, J., Amlung, M. T., Few, L. R., Ray, L. A., Sweet, L. H., & Munafo, M. R. (2011). Delayed reward discounting and addictive behavior: a meta-analysis. *Psychopharmacology (Berl)*, *216*(3), 305-321. doi: 10.1007/s00213-011-2229-0
- Madden, G. J., Begotka, A. M., Raiff, B. R., & Kastern, L. L. (2003). Delay discounting of real and hypothetical rewards. *Exp Clin Psychopharmacol*, *11*(2), 139-145.
- Mazur, J. E. (1987). An adjusting procedure for studying delayed reinforcement. *Commons, ML.; Mazur, JE.; Nevin, JA*, 55-73.
- Mazur, J. E., & Biondi, D. R. (2009). DELAY-AMOUNT TRADEOFFS IN CHOICES BY PIGEONS AND RATS: HYPERBOLIC VERSUS EXPONENTIAL DISCOUNTING. *J Exp Anal Behav*, *91*(2), 197-211.
- McKerchar, T. L., Green, L., Myerson, J., Pickford, T. S., Hill, J. C., & Stout, S. C. (2009). A comparison of four models of delay discounting in humans. *Behav Processes*, *81*(2), 256-259. doi: 10.1016/j.beproc.2008.12.017
- Mischel, W., Grusec, J., & Masters, J. C. (1969). Effects of expected delay time on the subjective value of rewards and punishments. *J Pers Soc Psychol*, *11*(4), 363-373.
- Mitchell, M. R., Mendez, I. A., Vokes, C. M., Damborsky, J. C., Winzer-Serhan, U. H., & Setlow, B. (2012). Effects of developmental nicotine exposure in rats on decision-making in adulthood. *Behav Pharmacol*, *23*(1), 34-42. doi: 10.1097/FBP.0b013e32834eb04a
- Mitchell, M. R., Vokes, C. M., Blankenship, A. L., Simon, N. W., & Setlow, B. (2011). Effects of acute administration of nicotine, amphetamine, diazepam, morphine, and ethanol on risky decision-making in rats. *Psychopharmacology (Berl)*, *218*(4), 703-712. doi: 10.1007/s00213-011-2363-8
- Myerson, J., & Green, L. (1995). Discounting of delayed rewards: Models of individual choice. *J Exp Anal Behav*, *64*(3), 263-276.

- Oberlin, B. G., & Grahame, N. J. (2009). High-alcohol preferring mice are more impulsive than low-alcohol preferring mice as measured in the delay discounting task. *Alcohol Clin Exp Res*, *33*(7), 1294-1303. doi: 10.1111/j.1530-0277.2009.00955.x
- Odum, A. L., Madden, G. J., & Bickel, W. K. (2002). Discounting of delayed health gains and losses by current, never-and ex-smokers of cigarettes. *Nicotine & Tobacco Research*, *4*(3).
- Odum, A. L., & Rainaud, C. P. (2003). Discounting of delayed hypothetical money, alcohol, and food. *Behav Processes*, *64*(3), 305-313.
- Orsini, C. A., Trotta, R. T., Bizon, J. L., & Setlow, B. (2015). Dissociable roles for the basolateral amygdala and orbitofrontal cortex in decision-making under risk of punishment. *J Neurosci*, *35*(4), 1368-1379. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3586-14.2015
- Orsini, C. A., Willis, M. L., Gilbert, R. J., Bizon, J. L., & Setlow, B. (2016). Sex differences in a rat model of risky decision making. *Behav Neurosci*, *130*(1), 50-61. doi: 10.1037/bne0000111
- Ostaszewski, P., & Karzel, K. (2002). Discounting of delayed and probabilistic losses of different amounts. *European Psychologist*, *7*(4), 295.
- Pope, D. A., Newland, M. C., & Hutsell, B. A. (2015). Delay-specific stimuli and genotype interact to determine temporal discounting in a rapid-acquisition procedure. *J Exp Anal Behav*, *103*(3), 450-471.
- Rachlin, H. (2006). Notes on discounting. *J Exp Anal Behav*, *85*(3), 425-435.
- Rachlin, H., & Green, L. (1972). Commitment, choice and self-control. *J Exp Anal Behav*, *17*(1), 15-22.
- Rachlin, H., & Herrnstein, R. (1969). Hedonism revisited: On the negative law of effect. *Punishment and aversive behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts, *1*(9), 83-109.
- Renner, K. E., & Houlihan, J. (1969). Conditions affecting the relative aversiveness of immediate and delayed punishment. *J Exp Psychol*, *81*(3), 411.
- Reynolds, B. (2006). A review of delay-discounting research with humans: relations to drug use and gambling. *Behav Pharmacol*, *17*(8), 651-667. doi: 10.1097/FBP.0b013e3280115f99
- Reynolds, B., de Wit, H., & Richards, J. (2002). Delay of gratification and delay discounting in rats. *Behav Processes*, *59*(3), 157.
- Richards, J. B., Mitchell, S. H., de Wit, H., & Seiden, L. S. (1997). Determination of discount functions in rats with an adjusting-amount procedure. *J Exp Anal Behav*, *67*(3), 353-366. doi: 10.1901/jeab.1997.67-353
- Samuelson, P. A. (1937). A note on measurement of utility. *The review of economic studies*, *4*(2), 155-161.
- Shimp, K. G., Mitchell, M. R., Beas, B. S., Bizon, J. L., & Setlow, B. (2015). Affective and cognitive mechanisms of risky decision making. *Neurobiol Learn Mem*, *117*, 60-70. doi: 10.1016/j.nlm.2014.03.002
- Simon, N. W., Gilbert, R. J., Mayse, J. D., Bizon, J. L., & Setlow, B. (2009). Balancing risk and reward: a rat model of risky decision making. *Neuropsychopharmacology*, *34*(10), 2208-2217. doi: 10.1038/npp.2009.48
- Simon, N. W., Montgomery, K. S., Beas, B. S., Mitchell, M. R., LaSarge, C. L., Mendez, I. A., . . . Setlow, B. (2011). Dopaminergic modulation of risky decision-making. *J Neurosci*, *31*(48), 17460-17470. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3772-11.2011
- Trenholme, I. A., & Baron, A. (1975). Immediate and delayed punishment of human behavior by loss of reinforcement. *Learning and Motivation*, *6*(1), 62-79.
- Vanderveldt, A., Oliveira, L., & Green, L. (2016). Delay discounting: Pigeon, rat, human--does it matter? *J Exp Psychol Anim Learn Cogn*, *42*(2), 141-162. doi: 10.1037/xan0000097
- Weller, R. E., Cook, E. W., 3rd, Avsar, K. B., & Cox, J. E. (2008). Obese women show greater delay discounting than healthy-weight women. *Appetite*, *51*(3), 563-569. doi: 10.1016/j.appet.2008.04.010

- Wilson, V. B., Mitchell, S. H., Musser, E. D., Schmitt, C. F., & Nigg, J. T. (2011). Delay discounting of reward in ADHD: application in young children. *J Child Psychol Psychiatry*, *52*(3), 256-264. doi: 10.1111/j.1469-7610.2010.02347.x
- Winstanley, C. A., Theobald, D. E., Cardinal, R. N., & Robbins, T. W. (2004). Contrasting roles of basolateral amygdala and orbitofrontal cortex in impulsive choice. *J Neurosci*, *24*(20), 4718-4722. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5606-03.2004
- Woolverton, W. L., Freeman, K. B., Myerson, J., & Green, L. (2012). Suppression of cocaine self-administration in monkeys: effects of delayed punishment. *Psychopharmacology (Berl)*, *220*(3), 509-517. doi: 10.1007/s00213-011-2501-3
- Woolverton, W. L., Myerson, J., & Green, L. (2007). Delay discounting of cocaine by rhesus monkeys. *Exp Clin Psychopharmacol*, *15*(3), 238-244. doi: 10.1037/1064-1297.15.3.238
- Xu, L., Liang, Z. Y., Wang, K., Li, S., & Jiang, T. (2009). Neural mechanism of intertemporal choice: from discounting future gains to future losses. *Brain Res*, *1261*, 65-74. doi: 10.1016/j.brainres.2008.12.061

## Apéndice

**Apéndice A:** Gráfica de los cinco bloques compuestos de tres sesiones, de cada sujeto durante la condición de demoras ascendentes.



**Apéndice B: Gráfica** de los cinco bloques compuestos de tres sesiones, de cada sujeto durante la condición de demoras descendentes.

