



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

VARIACIONES EN MAGNITUD DE REFORZAMIENTO EN UNA TAREA
DE BISECCIÓN TEMPORAL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA

PRESENTA:

MARIO PÉREZ CALZADA

DIRECTOR: DR. OSCAR ZAMORA ARÉVALO

REVISOR: DR. FLORENTE LÓPEZ RODRÍGUEZ

SINODALES:

DR. ARTURO BOUZAS RIAÑO

MTRO. MIGUEL HERRERA ORTIZ

DR. OSCAR VLADIMIR ORDUÑA TRUJILLO



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 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.

"no recuerdo haberme aburrido nunca en mi laboratorio. Ahí he estado cansado, frustrado, preocupado, o bien inquieto, curioso, estimulado, o hasta asombrado y feliz, pero nunca, nunca, he estado aburrido."
Ruy Pérez Tamayo

JEP solía decir a lo largo de su vida que lo que no está escrito no existe, por ello, quiero dejar por escrito, un pequeño atisbo a manera de reconocimiento para quienes influyeron de forma imprescindible en este camino de formación académica: Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México por todos los servicios y recursos proporcionados, es decir, gracias a todas aquellas personas que con su trabajo y/o sus aportaciones permiten que esta universidad continúe siendo una institución pública y gratuita.

Gracias mamá, papá, por su gran tolerancia a este eterno estudiante que resulté ser yo, gracias por no desesperarse ante mis proyectos sin fin aparente, gracias por sus enseñanzas acerca de la importancia del trabajo diario y continuo, por haberme otorgado un lugar estable para trabajar y también mil gracias por todas sus atenciones, cuidados y apoyos recibidos justo cuando los necesitaba, es un hecho, que sin todo lo anterior, es decir, sin todos sus esfuerzos, no sé qué hubiera sido mí. Gabriel, Jaime, Oscar y Karen, gracias por soportar tantas veces mi verborrea interminable, mis peroratas necias o mis sarcasmos hirientes, muchísimas gracias porque han estado conmigo siempre, en las buenas, en las malas y en las peores. Ana María, Clemente, Elizabeth, Belén y Mariel, los considero mis segundos padres y a ustedes chicas, como mis hermanas, muchísimas gracias por todos los cafés obsequiados y por toda su ayuda, sus atenciones son recuerdos que nunca podré olvidar.

Profesor Oscar Zamora, gracias por permitirme vislumbrar un estilo de vida dedicado al conocimiento, al aprendizaje continuo, a la disertación de las distintas facetas de la vida, eso es algo que jamás podré pagarle, no hay forma en este mundo de retribuir ese tipo de enseñanzas (lo que no significa que no lo intentaré). No soy un alumno destacado, pero sería aún menos que eso sin su inconmensurable y extraordinario apoyo. De verdad, gracias infinitas por toda la tolerancia, la confianza depositada y por los recursos otorgados en mi como estudiante. Mi formación intelectual y académica tiene un antes y un después tomándolo a usted como punto de referencia: sus clases, su visión de la disciplina, de la vida, su gran erudición y, además, la invitación a ser parte de su laboratorio, me han cambiado por completo la vida y la visión que tenía de ella, por ello y mil cosas más, gracias. Gracias profesor Florente, sus clases siempre fueron para mí iluminadoras, el tamaño de su gran conocimiento como científico es equiparable a su basta humildad como persona, gracias por el tiempo invertido a este trabajo y por el apoyo otorgado en todo momento. Profesores Miguel y Vladimir, gracias por aquellas clases tan interesantes y, por las sugerencias de libros y artículos que siempre aportaron algún dato nuevo para poder comprender mejor el mundo, gracias por su amable disposición en la revisión de este trabajo. Profesor Arturo, su visión de la disciplina siempre aporta nuevas formas de abordar los fenómenos de estudio, gracias por aceptar revisar este trabajo. JEP también solía decir, *si este trabajo tiene algún error, es mi responsabilidad, no obstante, si llega a ocurrir lo contrario, resultaría ser únicamente el reflejo del esfuerzo y el trabajo en conjunto.*

No se puede dejar de mencionar a los amigos de todos los tiempos, Jesús Ivan, Alejandro, David, Claudia, Paola, Jessica, Erik, Gustavo Ortiz, Elia, Tonatzin, Manuel, gracias a su compañía la vida puede ser más tolerable, más amena, gracias por estar ahí con su presencia siempre latente, buscando aparecer siempre con extraordinarias conversaciones. Gracias también a todos los integrantes del Espacio Compartido de Investigación, por las excelentes disertaciones que cada uno de ustedes me ha ofrecido (aunque a veces no me otorguen la palabra y por ello no pueda opinar). Tú eres quien enseña y yo el aprendiz *vulnerable a tu lado más amable...* eres tú quien pone orden a mi vida, a mis pensamientos y a esa interminable manía de estar siempre en desacuerdo. Por las novelas, la poesía, los ensayos, las películas, los teatros, los museos, en fin, por todo el conocimiento que hemos podido compartir (es contigo con quien puedo conversar de cualquier tema); por tu apoyo incondicional y tus enseñanzas permanentes, otorgadas desde que ingresé al laboratorio y desde mucho antes cuando me dabas clase, gracias Ro, *tú, mi tormento, mi fabuloso complemento, mi fuente de salud.*

Contenido

Introducción	6
Método	22
Resultados	28
Discusión	46
Conclusión	55
Referencias	56

Resumen

El control temporal del comportamiento, implica que los organismos guíen su conducta debido a la discriminación entre intervalos de tiempo; esta investigación estudió algunas de las variables y procesos psicológicos que subyacen a este tipo de percepciones. Se utilizó un procedimiento de discriminación temporal, para determinar si se altera la estimación temporal de los organismos en una tarea de bisección temporal, al manipular magnitudes de reforzamiento. Se usaron diecinueve ratas de la cepa Wistar y, se utilizaron cuatro diferentes pares de duraciones (corto-largo) guardando una razón de 1 a 4 entre éstas, en donde el reforzamiento para ambas duraciones, corta y larga, se mantuvo solo con 1 pellet por respuesta correcta en las fases de entrenamiento y generalización, esta fue utilizada como tasa base, enseguida, en la fase de manipulación de magnitud de reforzamiento, hubo un cambio de 1 a 4 pellets para cualquiera de las dos duraciones corta o larga según correspondiera, cuidando el contrabalanceo entre grupos. Los hallazgos se discuten en términos de los parámetros psicofísicos base, respecto a los parámetros obtenidos con manipulación de reforzamiento. Los resultados sugieren que diferentes magnitudes de reforzamiento reflejan un cambio sobre la discriminación y los parámetros temporales. Como un segundo objetivo en este trabajo, previamente a la parte de manipulación de magnitud de reforzamiento, dentro de la parte de entrenamiento de la tarea, se realizaron dos manipulaciones al *entrenamiento base*, el cual consistió de ensayos de corrección tras una respuesta errónea y probabilidad de reforzamiento de 1.0 tras una respuesta correcta a, *entrenamiento con corrección*, pero *con probabilidad de reforzamiento de 0.75* y otro tipo de entrenamiento en donde había *entrenamiento con probabilidad de reforzamiento de 1.0 pero sin ensayos de corrección*. Los sujetos fueron contrabalanceados entre los grupos. En esta parte los resultados indican que el rendimiento de los organismos en la tarea tras la interacción entre las distintas consecuencias de reforzamiento se mantiene constante.

Palabras clave: aprendizaje, control temporal del comportamiento, percepción, bisección, magnitud, psicofísica.

INTRODUCCION

Variaciones en magnitud de reforzamiento en una tarea de bisección temporal

Una función básica, importante en la modulación del comportamiento es el hecho de que los organismos puedan calcular el tiempo, valorar duraciones y también predecirlas, lo anterior tiene un valor ecológico y también de sobrevivencia. Se puede sugerir que la importancia de conocer y medir el tiempo guarda relación con la necesidad de los hombres primitivos de realizar predicciones y, por lo tanto, de poder anticiparse a los fenómenos naturales para sobrevivir (Gruart, Delgado, Escobar y Aguilar, 2002).

Desde una perspectiva adaptativa se puede definir al aprendizaje como el ajuste conductual de organismos vivos a las demandas o restricciones que el medio ambiente impone en un espacio y un tiempo determinado. En el mismo orden de ideas, aprendizaje temporal implica nociones de estimación, discriminación, regulación y control temporal. Estimación y discriminación involucran el aprendizaje de tiempo en sí y, regulación y control temporal tienen relación con la adaptación conductual de los organismos a las regularidades temporales medioambientales (López, 2012).

Los organismos necesitan adaptarse al ambiente en una secuencia o cadena comportamental. De esta forma, una variedad de comportamientos biológicamente significativos para los organismos, como las conductas de forrajeo, de apareamiento y de detección de depredadores, son ubicadas dentro una organización temporal en un ambiente determinado (Roberts, 1998; Segura y Bouzas, 2015; Shettleworth, 2010).

La sensibilidad al factor tiempo como una capacidad inherente a los organismos, es una línea de investigación que ha fundamentado y desarrollado una gran cantidad de estudios en el campo de la psicología, debido a que es una propiedad primordial e imprescindible para integrar percepciones y poder representar el mundo. Por ello a continuación, se abordan brevemente algunas aproximaciones al estudio del control temporal del comportamiento.

Control temporal del comportamiento

El campo de estudio de la dimensión temporal del mundo físico tiene tres orígenes, los cuales se podrían resumir de la siguiente manera: la psicofísica humana, el estudio de los ritmos biológicos y el aprendizaje animal. Para la psicofísica humana, el estudio de la percepción

requería hacer uso del lenguaje (Goldstein, 1999). El objetivo de la psicofísica era desarrollar un marco para el estudio de la estimación temporal humana y, por lo tanto, comprender en particular la relación entre el tiempo físico y el tiempo subjetivo (Church, 2002b).

La aproximación a través de los ritmos biológicos tuvo principal interés en el estudio de los ciclos diarios de actividad de diversos organismos. En el siglo XX, se realizó investigación experimental en laboratorios, donde se crearon métodos que fueran sensibles al estudio de estos ritmos y así, poder encontrar las variables moduladoras de los factores que controlan ciertos relojes circadianos. El objetivo del estudio de los ritmos biológicos era describir las adaptaciones de los organismos a las regularidades cíclicas de la física, del medio ambiente y sus mecanismos neurales (Gruart et al., 2002).

El acercamiento al aprendizaje animal y el ajuste conductual a intervalos temporales entre distintos eventos no sólo incluye la investigación sobre condicionamiento clásico (Lejeune, Richelle y Wearden, 2006), sino también la investigación de aprendizaje operante. Los procedimientos de condicionamiento instrumental y los resultados obtenidos por Skinner (1938) han tenido mayor influencia en la investigación contemporánea (Lejeune, Richelle y Wearden, 2006). El estudio dentro del aprendizaje animal se enfoca en dilucidar el efecto de intervalos arbitrarios de tiempo entre estímulos en la conducta.

En general, estos campos de investigación han impulsado gran parte del estudio del control temporal de la conducta en el área de análisis experimental de la conducta, desarrollando procedimientos que sean sensibles a las variables paramétricas que subyacen al estudio de la estimación temporal de los organismos.

De esta forma, es importante señalar que la variable tiempo subyace en muchos procesos psicológicos y conductuales (Gibbon, 1977; Marshall y Kirkpatrick, 2015); algunos ejemplos de esos ejemplos son Baum y Rachlin (1969) y Baum (2010), estos autores proponen una definición de elección en la cual subyace el factor tiempo, donde elección es expresada como la distribución de tiempo entre distintas actividades; también ha sido estudiado y resaltado, el papel que juegan los intervalos temporales en el lenguaje (Wearden, 2008); así como también el efecto que ejercen los fármacos sobre percepción del tiempo, entre otros tópicos (Church, 2002a; Meck, 1996).

Resulta importante destacar que comenzaron a desarrollarse tareas que permitieron el estudio de la estimación temporal intervalar en rangos de duraciones que oscilan de los segundos a minutos; por ello es que existen varios procedimientos como aproximación al estudio del control temporal del comportamiento, sin embargo, este trabajo delimita y se enfoca únicamente en dos, los cuales han generado mayor impacto y son de mayor uso en la investigación tanto con organismos humanos como no humanos y, además porque atañen directamente a la presente propuesta:

- El procedimiento de pico (Catania, 1970).
- La tarea de bisección temporal (Church y Deluty, 1977).

A continuación, se describen los procedimientos mencionados.

Procedimientos experimentales clásicos en el estudio del control temporal del comportamiento

Procedimiento de pico

Catania en el año de 1970 propuso un procedimiento para medir la discriminación temporal mediante el análisis de tasas de respuesta con pichones. El procedimiento tenía como estructura un programa de reforzamiento de intervalo fijo 10.0" (IF 10.0"), para dos tipos de manipulación. Durante la duración del IF la luz general y la tecla de respuesta se mantenían iluminadas, cuando había reforzamiento, la luz general se apagaba y la tecla permanecía encendida otros 3.5", enseguida se pasaba a un intervalo entre ensayos (IEE) de 60".

El primer tipo de manipulación consistía en que la probabilidad de reforzamiento tras una respuesta, pasados los 10.0" de señalización a través de la tecla iluminada y de la luz de la cámara, sería de 0.9; mientras que en el segundo tipo de manipulación la señalización se mantendría igual, pero, con una probabilidad de reforzamiento de 0.1.

Los ensayos reforzados para ambas tareas corresponderían a los ensayos de entrenamiento. Los ensayos restantes, que no se reforzaban de igual forma en ambas manipulaciones, eran los ensayos de prueba y éstos cambiaban en su composición porque el IF se alargaba 38.0" más, para después entrar al IEE.

Los hallazgos muestran el control temporal de la conducta de los organismos, debido a que cuando se acercaba el IF 10.0”, el organismo mostró las tasas de respuesta más altas, para cada una de las dos manipulaciones de probabilidad, siendo para 0.9 más evidente el incremento de las tasas de respuesta (generando un pico) que para 0.1. Los datos de la figura 1 se obtienen a partir de los ensayos no reforzados, es decir, los que se alargaban 38.0”.

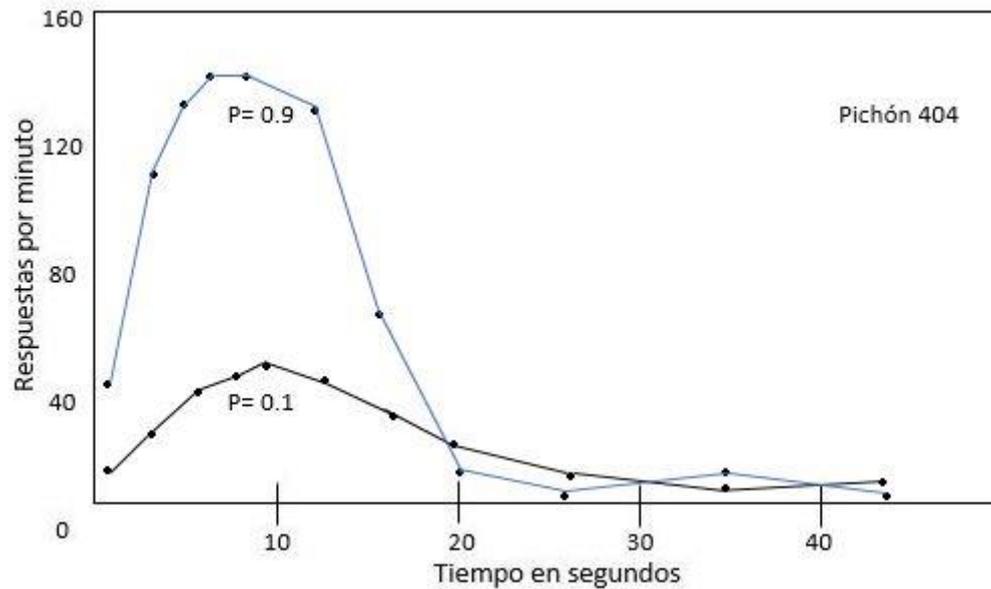


Figura 1. Resultados de un procedimiento de pico. En el eje de las abscisas se exponen intervalos de tiempo de 10.0” y en el eje de las ordenadas el número de respuestas por minuto. Adaptado de Catania (1970).

Este tipo de resultados sugieren que el paso del tiempo ejerce un control sobre la conducta, debido al gradiente de discriminación observado justo en el IF 10.0”. Otra característica relevante para la estimación temporal es el papel que tiene la probabilidad de reforzamiento como factor que puede afectar tanto tasas de respuesta como índices de discriminación, ya que se observa que cuando la probabilidad es alta (0.9) la tasa de respuesta es mayor en comparación cuando la probabilidad es menor (0.1). En este punto podemos resaltar que de acuerdo a Staddon y Ettinger (1989), los organismos eligen entre distintas cosas que guardan un valor y, humanos y animales prefieren elegir cosas de mayor valor a cosas de menor valor. Por lo tanto, los organismos son sensibles a reforzamientos mayores que otros como en el caso específico del experimento anterior. Por otro lado, respecto a la realización de discriminaciones precisas por parte de los organismos, como veremos más adelante, éstas pueden ser modificadas tanto por cambios en la probabilidad de reforzamiento como por distintas magnitudes de reforzamiento y, también a través de disminuciones en el valor del reforzamiento. En consecuencia, se puede sugerir que aprendizaje temporal y variaciones de reforzamiento pueden tener una relación entre sí.

Procedimiento de bisección temporal

En este procedimiento, Church y Deluty (1977) entrenaron a 8 ratas en una cámara operante iluminada y una cámara operante oscura, con dos palancas, una al lado izquierdo del comedero y la otra en el lado derecho, ambas por encima de éste, con duraciones cortas y largas como señales. Las ratas fueron entrenadas para las duraciones mostradas en la tabla 1:

Tabla 1
Duraciones de
las muestras

a)	1.0" – 4.0"
b)	2.0" – 8.0"
c)	3.0" – 12.0"
d)	4.0" – 16.0"

Nota: Aparecen los cuatro pares de duraciones (señal corta a la izquierda y señal larga a la derecha) para las condiciones utilizadas por Church y Deluty, 1977.

Un procedimiento de bisección temporal se puede dividir en dos tareas, la primera como una tarea de discriminación y la segunda como una tarea de generalización. También la primera parte suele conocerse como entrenamiento y la parte restante como prueba.

En el apartado de discriminación se presentan dos señales, la primera señal es una duración corta y la segunda una duración larga. La aparición de una duración corta dentro de la caja operante se vuelve predictor de reforzamiento si el organismo realiza una respuesta o un palanqueo en la opción izquierda. Del mismo modo, la aparición de una duración larga hará entrega de reforzamiento si ocurre una respuesta en la opción derecha. Por ejemplo, tomemos el apartado a) de la tabla 1, en donde una respuesta a la palanca izquierda es correcta cada que aparece una duración de 1.0" y, de forma correspondiente una respuesta en la palanca derecha es correcta cada que se presenta una duración de 4.0". En caso de que se realizara una respuesta incorrecta, al organismo se le presentaba de nuevo la misma duración y hasta que no ejecutara la respuesta correcta no cambiaba la duración, a este tipo de ensayos se les conoce como ensayos de corrección.

La parte referente a generalización mantiene las mismas contingencias de reforzamiento que en el entrenamiento, con la diferencia de que aquí se introducen ensayos con duraciones intermedias respecto a las señales corta y larga que no son reforzados. Este tipo de procedimiento da como resultado curvas psicofísicas, que se ajustan particularmente a una función sigmoidea, ver figura 2.

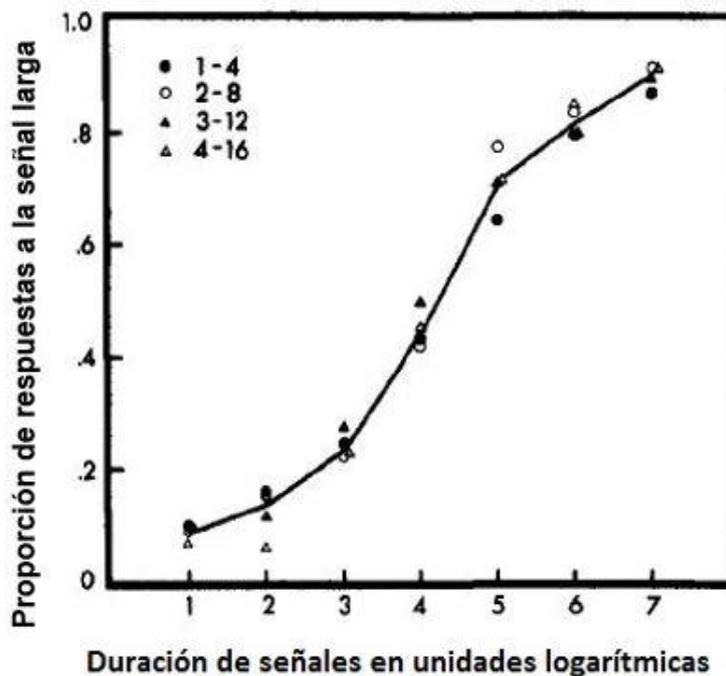


Figura 2. Resultados de un procedimiento clásico de bisección. En el eje x se presentan siete duraciones estandarizadas a unidades logarítmicas pertenecientes a los cuatro pares de duraciones *corto-largo* (una duración corta, otra larga y cinco intermedias), utilizados por Church y Deluty (1977) y *en la ordenada*, se muestra la proporción de respuestas al estímulo largo para los cuatro pares de duraciones. Adaptación de Zamora y Pérez (2015).

Tras generar las curvas psicofísicas, producidas por la fase de generalización, se obtienen parámetros psicofísicos. Uno de ellos es el punto de bisección (PB) o punto de igualdad subjetiva, el punto de bisección puede ser definido como la duración de una señal en la que el sujeto a través de sus discriminaciones no puede distinguir si un estímulo pertenece a una señal corta o a una larga. En este tipo de tarea, el punto de igualdad subjetiva toma un valor por lo general cercano a la media geométrica, tomando en cuenta la duración del estímulo corto y largo; la media geométrica se calcula de la siguiente manera: la raíz cuadrada del producto de las dos duraciones. Por ejemplo, para la primera duración de la tabla 1 se tiene que:

- 1.0" y 4.0": $1 * 4 = 4$, sacamos raíz cuadrada y tenemos
- $\sqrt{4} = 2$, 2.0" es por lo tanto el punto de igualdad subjetiva del primer par de duración aquí mostrada.

Se toma como una regularidad empírica que los índices de punto de bisección oscilen alrededor de 2.0", 4.0", 6.0" y 8.0" respecto a cada par de duración de los cuatro mencionados.

Otro parámetro es el limen diferencial (Limen), que es un índice de la precisión en la discriminación temporal. El Limen diferencial es igual al 75% de respuestas asociadas a la señal larga menos el 25% de respuestas asociadas a la señal corta, dividido sobre dos. Este parámetro es proporcional a la magnitud de los estímulos, es decir, cuando el valor del estímulo estándar incrementa, el limen diferencial también incrementa (Goldstein, 1999; Fetterman, 2006). Cabe aclarar que, en los estudios de psicofísica clásica el parámetro umbral diferencial, corresponde precisamente el parámetro limen en estudios de estimación temporal.

Por otro lado, la Ley de Weber k (Fetterman, 2006; Goldstein, 1999) establece que la habilidad para discriminar la intensidad de estímulos es proporcional a la magnitud del estímulo discriminado. Esta ley es expresada en términos de una razón de la variabilidad de juicios discriminativos s (limen diferencial) divididos por la magnitud de los estímulos discriminativos M (estímulos estándar), en donde la proporción resultante es llamada Fracción de Weber, la cual también refleja la precisión de la discriminación ($s/M=k$). Esta proporción se mantiene constante de forma aceptable en un amplio rango de estímulos temporales, por lo tanto, la Fracción de Weber es una vía conveniente para representar la invarianza relativa de la discriminación.

Los tres parámetros psicofísicos revisados anteriormente, son importantes para analizar los resultados que genera una tarea de bisección temporal, pero además se han propuesto revisiones más exhaustivas para este tipo de tareas Gibbon (1977), Church (2002b) las cuales señalan los resultados esperados; la siguiente revisión de seis pasos expone las características de los resultados a encontrar en este procedimiento y engloba requisitos mencionados anteriormente:

- Simetría, se entiende que la función psicofísica producto de la proporción de respuestas al estímulo de duración larga es una ojiva, que además es aproximadamente simétrica sobre una escala logarítmica de tiempo.
- Media geométrica, el punto de igualdad subjetiva o punto de bisección aparece cerca de la media geométrica, respecto al intervalo de reforzamiento corto y del intervalo de reforzamiento asociado a la señal larga.
- Estimación temporal proporcional, señala que el punto de bisección incrementa aproximadamente de forma lineal, del mismo modo que la media geométrica incrementaría (respecto a los cuatro pares de duraciones utilizados por Church y Deluty, 1977).

- Variabilidad escalar, propone que la desviación estándar del punto de bisección aumenta aproximadamente de forma lineal con la duración de los estímulos.
- Ley de Weber, el coeficiente de variación, entendido como la desviación estándar dividida sobre la media del punto de bisección, es aproximadamente constante.
- Superposición, las funciones psicofísicas de todos los rangos (corto-largo) se superponen cuando la duración de un estímulo es dividida por el punto de igualdad subjetiva.

En la figura 2, se pueden apreciar en el eje de las abscisas, las duraciones estandarizadas y además es visible la regularidad de la superposición de las curvas psicofísicas entre distintos pares de duraciones (corto-largo), al mantener una razón constante entre señales, la que en el experimento de Church y Deluty (1977), fue de 1 a 4. Estas regularidades expuestas, entre otras, han permitido comparar los resultados de diversos experimentos con distintas manipulaciones.

El hecho de encontrar regularidades en el estudio del comportamiento otorga la posibilidad de desarrollar modelos matemáticos que puedan representar de forma abstracta y también predecir, los fenómenos en cuestión (Church, 1997). Por ello, con el objetivo de desarrollar y enriquecer una teoría parsimoniosa que intente dar cuenta de diversos hallazgos relacionados con el control temporal del comportamiento, se han propuesto distintos modelos, algunos con mayor sustento empírico que otros, pero en general éstos colaboran agregando su aportación matemática para describir cómo operan este tipo de procesos; el problema anterior ejemplifica una forma de abordar el comportamiento de acuerdo a la clasificación de *causas formales* (Killeen, 2001), como propuesta para explicar las causas de la conducta. A continuación, se esboza una aproximación sobre uno de los modelos que cuenta con mayor sustento empírico, el modelo de Teoría de la Expectancia Escalar (SET por sus siglas en inglés, Scalar Expectancy Theory) de Gibbon (1977) a través de su versión sobre procesamiento de la información de Gibbon, Church y Meck (1984).

Teoría de la Expectancia Escalar

El modelo de Teoría de la Expectancia Escalar (Gibbon, 1977; Gibbon, Church y Meck, 1984) es un modelo con sustento en datos empíricos. A través de su hipótesis de la existencia de un marcapasos, propone comparaciones totales de pulsos entre memoria de trabajo y memoria de referencia, para dar cuenta de la precisión subyacente a estimación temporal. Incorpora fenómenos psicofísicos importantes como, Proporcionalidad, Ley de Weber y Punto

de bisección y su relación con la media geométrica. Este modelo consta de tres procesos, la hipótesis de un reloj interno, procesos de memoria y procesos de decisión.

Marcapasos-acumulador, procesos de reloj. Este primer compartimento consiste en un marcapasos que emite pulsos de forma variable, a una tasa rápida y de un acumulador que recibe los pulsos. Justo entre el marcapasos y el acumulador hay un switch, el cual controla el flujo de pulsos del marcapasos al acumulador y cuando el switch se cierra, los pulsos se envían al acumulador.

Almacenamiento, procesos de memoria. En el momento que se hace entrega de un reforzador, el número de pulsos que hay en el acumulador (memoria de trabajo) se almacena en memoria de referencia como un ítem, entonces, el valor del acumulador se reinicia a cero y el switch se abre.

Comparador, procesos de decisión. Este proceso recibe información de dos fuentes: el acumulador (tiempo actual) y de memoria de referencia (evocación de duraciones que anteriormente han sido reforzadas). Cuando el valor actual del acumulador (memoria de trabajo) se aproxima a un valor seleccionado al azar de la memoria (memoria de referencia), se produce la respuesta. Si ocurre lo contrario, el comparador detecta que no puede igualar las duraciones de memoria de trabajo y de memoria de referencia, y la respuesta no se produce.

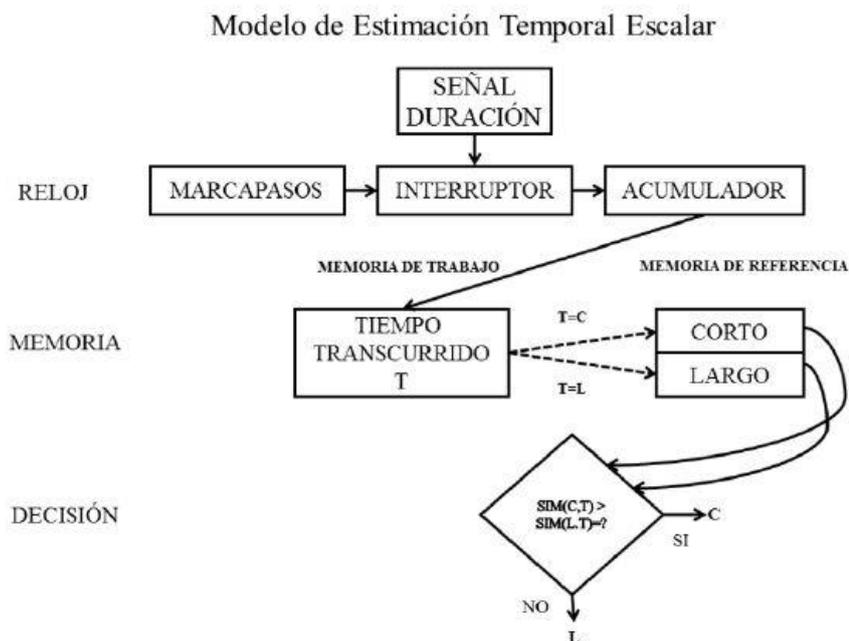


Figura 3. Modelo de SET. Se ilustran de forma gráfica los tres procesos inherentes al modelo de SET, procesos de reloj, de memoria y de decisión. Extraído de Sánchez y Zamora (2013).

Es importante recalcar que la revisión por puntos mencionada anteriormente sobre simetría, media geométrica, etcétera, también es susceptible de ser aplicable en cuanto a requisitos que propone el modelo de SET para su posible ajuste a datos empíricos.

Las regularidades descritas tanto para procedimientos de pico como para bisección temporal han permitido acrecentar la experimentación; de forma particular, un campo que ha acaparado atención en la investigación sobre el control temporal del comportamiento, es el relativo a la relación entre control temporal del comportamiento y manipulaciones de reforzamiento. A continuación, se presentan algunos experimentos en los que se realizaron variaciones en el reforzamiento: cambio en las probabilidades, disminución y aumento del valor del reforzador.

Sin embargo, antes de adentrarnos en la descripción de los procedimientos experimentales es pertinente subrayar cual es la razón por la cual se realizan estas manipulaciones y, ello consiste en el hecho de que en los procedimientos de bisección temporal no se conoce de forma precisa como afectan las variaciones de reforzamiento las discriminaciones temporales. Se han realizado por lo general experimentos en procedimientos de pico, pero no hay suficiente investigación utilizando tareas de bisección integrando de forma más completa más de uno los cuatro pares de duraciones usados por Church y Deluty en 1977.

En consecuencia, es importante en este trabajo hacer explícita la relación que existe entre el control temporal del comportamiento y motivación. En conducta operante, los estímulos son predictores de eventos y, estos eventos o consecuencias pueden tener más valor que otros. Como vimos en el experimento de Catania (1970), las manipulaciones de probabilidad de reforzamiento influían en la tasa de respuesta; sin embargo, no queda del todo claro si hay un cambio en las discriminaciones temporales debido a esa variación en el reforzamiento.

En ese sentido, se propone la siguiente revisión de trabajos, justamente para conocer como las discriminaciones de intervalos temporales son susceptibles de cambiar en función de cambios en el reforzamiento, lo anterior debido a que este tipo de procedimientos experimentales muestran una relación directa con la propuesta de trabajo planteada en esta investigación. De esta forma, podemos encontrar líneas de investigación que tienen relación entre control temporal del comportamiento y sus posibles alteradores, los cuales pueden ser:

privación (de comida), procedimientos (arreglos experimentales, distinta longitud de intervalos a discriminar, estimulación eléctrica, etc.), fármacos (aversión al sabor, uso de morfina, etc.), etcétera.

Cambios en el control temporal del comportamiento

Se han realizado manipulaciones sobre reforzamiento parcial o intermitente y los resultados muestran que, al disminuir probabilidad de reforzamiento, los organismos humanos y no humanos mantienen niveles altos de ejecución en comparación con tareas que conllevan probabilidades de reforzamiento altas y/o con reforzamiento continuo (Dayan, Averbek, Richmond y Cohen, 2014; García, Benjumea y Gomez, 2008; Gibbon, Farrell, Locurto, Duncan y Terrace, 1980; Gotlieb, 2004). El punto a destacar es que los organismos no disminuyen su precisión ni sus tasas de respuesta cuando hay probabilidades bajas de reforzamiento, indicando que este tipo de arreglos experimentales propician niveles más rápidos en el mantenimiento de conductas y también tasas de respuesta estables y/o altas. Aunado a lo anterior, Liu, Mercado III, Church y Orduña (2008), sugieren que la transición de una tarea fácil a otra difícil, durante tareas de discriminación, facilita el aprendizaje perceptual auditivo; por lo tanto ellos proponen *El efecto fácil-a-difícil (The Easy-to-Hard Effect)*, el cual se refiere al fenómeno de aprendizaje perceptual en el que una experiencia previa con una versión fácil de una tarea de discriminación, facilita el aprendizaje subsecuente de una tarea difícil, involucrando estímulos que varían a lo largo de la misma dimensión; siendo así que, el entrenamiento inicial en la tarea más fácil usualmente produce mejores progresos y mejores resultados finales que entrenamiento continuo y/o prolongado en una tarea difícil.

En procedimientos de pico, Roberts (1981) propone un modelo simple de estimación temporal en el que el tiempo de presentación de comida incide en procesos de reloj y en la comparación tanto de tiempo percibido como de esperado, mientras que la probabilidad de alimento afecta a otros procesos tales como la motivación. Los efectos sobre el reloj proponen que se altera la posición de la función de respuesta y los efectos sobre otros procesos propusieron que se altera la tasa de respuesta. Roberts señala un punto relacionado al efecto de la motivación en la estimación temporal. En el experimento número 3, los sujetos experimentales fueron alimentados antes del inicio de la fase de prueba en el procedimiento de pico. Durante las sesiones de la fase de prueba, hubo un ligero desplazamiento hacia la derecha en el tiempo pico, aunado a una disminución en la tasa de respuestas, lo que sugiere que la

manipulación pre alimentación generó una alteración en los procesos de control temporal del comportamiento. Con el desarrollo y avance de la investigación en cuestión, un conjunto de estudios, han mostrado efectos de variables motivacionales en procesos inherentes al control temporal del comportamiento. En este punto es importante agregar que Catania (1970) muestra en sus resultados, también haciendo uso de un procedimiento de pico, que en la condición con mayor probabilidad de reforzamiento hay un ligero desplazamiento hacia la izquierda en la tasa de respuestas, en este sentido para ser más específicos, podemos destacar que en un procedimiento de pico la aparición de la tasa de respuesta funge como medida de discriminación temporal. Por lo tanto, lo anterior sugiere, que posiblemente la variable motivación y el factor tiempo no son del todo independientes.

Por otro lado, Ward y Odum (2006) en una tarea de discriminación temporal con únicamente un par de duración corto largo de 2" y 8", reportan tres manipulaciones que fungen como interrupciones o perturbaciones sobre curvas psicofísicas; en la primera de éstas, a los pichones se les otorgaba de comer una hora antes de cada sesión 30 gramos de comida, y a la manipulación se le llamo pre-alimentación (PREV-A); la segunda alteración correspondía a una entrega de comida dentro de la misma sesión durante 10, 5, 2.5, y 1.25 segundos, en una de las duraciones variantes y se le llamo presentación de comida en intervalos dentro de componentes (PRES-A); a la última alteración se le llamo extinción (EXT) porque precisamente el reforzamiento se descontinuaba por al menos 5 sesiones consecutivas. Las curvas psicofísicas de línea base mostraron diferencias comparadas con las curvas de cualquiera de las tres perturbaciones, mostrando aplanamientos o cambios, aún más claros para PRES-A y para EXT que para PREV-A; además de que los índices de respuestas correctas disminuyen después de la presentación de los alteradores, por lo tanto, es clara la existencia de cambios en las discriminaciones temporales que ejercen este tipo de manipulaciones. Sin embargo, las curvas psicofísicas en línea base no son homogéneas, entre ellas existen diferencias y, en ese sentido, los cambios en las discriminaciones temporales no son sistemáticos tras las manipulaciones que operan como alteradores. Una misma manipulación mueve las curvas tanto a la derecha como a la izquierda. Los autores sugieren que la motivación disminuye en función de las manipulaciones, sin embargo, los resultados no son concluyentes con precisión respecto a cómo ocurren esos cambios (ver Ward y Odum, 2007 para otra revisión del efecto de alteradores como los utilizados en la descripción anterior; ver Ward y Odum, 2005 para una revisión del efecto de la morfina como alterador en una tarea de discriminación temporal).

En otro procedimiento, Galtres y Kirkpatrick (2010) en una tarea de discriminación temporal utilizaron intervalos de tiempo de 2.0" y 8.0" para explicar cómo opera el control temporal del comportamiento cuando se manipulan cambios en el incremento de la magnitud de reforzamiento para alguna de las dos duraciones (corta o larga); usaron 12 ratas distribuidas en dos grupos de 6. En la fase de generalización en *línea base*, las duraciones de 2.0" y 8.0" se reforzaron con sólo un pellet por cada respuesta correcta (tanto para señal corta como larga), con ensayos de corrección. La manipulación de la *magnitud* de reforzamiento fue exactamente igual a la línea base, sin embargo, el cambio se realizó cuando a los dos grupos se les aumentó la magnitud de reforzamiento de 1 a 4 pellets por cada respuesta correcta. El grupo A recibió 1 pellet por cada respuesta correcta en la duración de 2.0", y 4 pellets por cada respuesta correcta en 8.0"; al grupo B se le entregaron 4 pellets por cada respuesta correcta en 2.0" y 1 pellet como reforzador a la respuesta correcta de la duración de 8.0". La parte fundamental del procedimiento fue incrementar de 1 a 4 pellets únicamente una sola duración en la tarea (por ejemplo 2" u 8"), manteniendo la duración restante con un solo pellet como reforzador, para cada caso.

Los resultados mostraron que las funciones psicofísicas son distintas en la manipulación de magnitud de reforzamiento en los dos grupos. Se observó en general un aplanamiento de las curvas psicofísicas al ser comparadas con la línea base. También se presentaron cambios en el PB sólo para el grupo 4 – 1. Estas manipulaciones otorgan información del cambio en el control temporal del comportamiento cuando magnitudes de reforzamiento cambian. Sin embargo, al incrementar el valor del reforzamiento (contrario a disminuir el valor al alimentar previamente o dentro de la sesión, por ejemplo) modifica las discriminaciones temporales pero los hallazgos no expresan cierta regularidad. Lo que se encontró es que en la condición 1 – 4 la curva psicofísica se eleva al inicio (con las primeras cuatro duraciones) y, se aplanan al final con las cinco duraciones restantes; en el mismo orden de ideas, en la condición 4 – 1 la curva psicofísica se aplanan en todas las duraciones presentadas (tanto corta y larga como intermedias), las comparaciones se realizaron con respecto a las líneas base correspondientes (ver Galtres y Kirkpatrick, 2009 para una revisión alternativa del aumento en la magnitud de reforzamiento y, en la disminución del valor del mismo a través de un procedimiento de aversión al sabor en un procedimiento de pico; ver McClure, Saulsgiver y Wynne, 2009 para una revisión de disminución en el valor del reforzamiento en una tarea de discriminación temporal).

En otra serie de experimentos, Ludvig, Balci y Spetch (2011), en una modificación al procedimiento de pico en el que cuatro palomas fueron entrenadas en un intervalo fijo 5" (IF 5"), pero en el cual no se presentaba únicamente un estímulo en aislado sino tres estímulos distintos (los tres bajo el programa de reforzamiento IF 5"), en donde cada estímulo estaba asociado a una probabilidad baja, media o alta de reforzamiento, 0.5", 1.5" y 4.5" de acceso al comedero respectivamente; se encontró que con el estímulo asociado a probabilidades de recompensa altas los organismos realizaban respuestas anticipadas y, además incrementaban sus tasas de respuesta, sin alterar la discriminación o dicho de otra forma, los tiempos pico; y cuando se presentaba el estímulo asociado a probabilidades de recompensa bajas los organismos se demoraban en responder tras el inicio de presentación del estímulo y además se encontraron tasas de respuestas bajas. También, los autores encontraron que los sujetos experimentales elegían en mayor proporción el estímulo asociado a una alta probabilidad de recompensa. Los estímulos, como se mencionó anteriormente, se convirtieron en predictores de eventos con mayor o menor valor (Staddon y Ettinger, 1989) y esa expectativa de menor o mayor recompensa influyó para elegir y por lo tanto responder más a estímulos con mayores expectativas de recompensa. Estos hallazgos sugieren otro tipo de cambios sobre el control temporal del comportamiento en donde se puede notar el papel que juega la motivación (reflejado en el cambio de las tasas de respuesta y la anticipación o demora de conductas) como factor influyente en tareas de discriminación temporal, pero sin alterar la discriminación de duraciones, en este caso con el IF 5". Por lo tanto, nuevamente podemos sugerir que los organismos son sensibles a los cambios o variaciones de reforzamiento en tareas de discriminación temporal (ver Ludvig, Conover y Shizgal, 2007 para una revisión de un procedimiento de pico con manipulaciones de magnitud de reforzamiento a través de estimulación cerebral).

Justificación

Debido a la relevancia teórica que existe entre variaciones en magnitud o valor del reforzamiento y procesos inherentes al control temporal del comportamiento y a que hay explicaciones no del todo claras en la literatura de cómo operan y de cuáles son los mecanismos que subyacen a este tipo de manipulaciones, es necesario profundizar a partir las regularidades psicofísicas reportadas ampliamente (Church, 2002b) y, desde de ahí, poder conocer si ocurren cambios y a que variables son atribuidos. De igual forma, es importante conocer como manipulaciones de probabilidad de reforzamiento, en procedimientos de discriminación, operan

en la precisión de discriminación de intervalos auditivos y por lo tanto en el rendimiento conductual de los organismos.

La importancia de discriminar, estimar y predecir intervalos de tiempo es imprescindible para cualquier organismo. Por ello resulta importante estudiar, conocer y exponer las regularidades empíricas inherentes al estudio del control temporal del comportamiento, pero también resulta importante conocer como estos hallazgos robustos son susceptibles de cambiar tras distintos tipos de manipulaciones o distintos tipos de alteradores y, bajo distintos intervalos temporales.

Propuesta experimental

El presente trabajo propuso utilizar una tarea de bisección temporal bajo cuatro pares distintos de duraciones y a través de éstos, primero encontrar índices de discriminación altos, para luego realizar modificaciones a las tareas, específicamente variar la probabilidad de reforzamiento, para saber si el rendimiento de los sujetos experimentales se mantiene o decae; así como también, hallar las regularidades empíricas consistentemente reportadas (Gibbon, 1977; Gibbon, Church y Meck, 1984; Church, 2002b) para los cuatro pares de duraciones durante generalización y entonces dar paso a manipulaciones de magnitud de reforzamiento y así, poder comparar los parámetros psicofísicos en línea base y los parámetros psicofísicos obtenidos tras las alteraciones en la magnitud de reforzamiento.

Galtress y Kirkpatrick (2010) además de comparar estadísticamente sus curvas psicofísicas y de analizar algunos parámetros psicofísicos, proponen también el análisis de las curvas psicofísicas en función de procesos de reloj de acuerdo al modelo de SET. En donde se sugiere que, si se aumenta el valor del reforzador en la tarea, el marcapasos emitirá un mayor número de pulsos al acumulador por el papel que juega el reforzamiento al abrir o cerrar el switch, lo que se verá reflejado en el hecho de que las curvas psicofísicas se desplacen hacia la izquierda, en consecuencia, los organismos percibirán que el tiempo subjetivo ha pasado más rápido de lo que realmente fue el tiempo objetivo. En sentido opuesto se sugiere que disminuir el valor del reforzador provocará que las curvas psicofísicas se desplacen a la derecha. Por lo tanto, este trabajo toma en cuenta el análisis en función de los procesos de reloj propuestos. Además, al contrastar con procedimientos de pico, también se hicieron comparaciones sobre las discriminaciones temporales, como éstas se ven afectadas o no por manipular magnitudes o

valor de reforzamiento y aquí también es susceptible de ser aplicado el análisis a través de parámetros psicofísicos o procesos inherentes a la hipótesis de reloj interno, para posteriores comparaciones.

Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo fue investigar si existen cambios en la discriminación de intervalos temporales después de manipular magnitudes de reforzamiento, entre distintos tipos de discriminación (4 pares de duraciones) en una tarea de bisección temporal

Un segundo objetivo fue conocer si variar la probabilidad de reforzamiento en una tarea de discriminación temporal, mantiene, mejora o altera el rendimiento de discriminación durante la tarea.

Método

Sujetos

Se utilizaron 19 ratas macho de la cepa Wistar del bioterio de la Facultad de Psicología, de aproximadamente seis meses de edad y aproximadamente 300 gramos de peso al inicio del experimento, fueron mantenidas al 80% de su peso *ad libitum*. Mantenido con un ciclo invertido de luz-oscuridad de 12-12 horas a una temperatura de $21^{\circ}\text{C}\pm 1$, y condiciones estándar de laboratorio. El experimento fue llevado a cabo bajo los lineamientos del comité de ética de la Facultad y la Norma Oficial Mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-Z00-1999).

Aparatos

Se emplearon ocho cajas de condicionamiento operante estandarizadas Med PC Associates, cuyas características son las siguientes: 28 cm de largo, 21.5 cm de ancho y 21 cm de alto desde la parte inferior de la caja. Las cajas cuentan con dos palancas que registran respuestas al frente de la caja, ubicadas a una altura de 13.5 cm, con una separación de las paredes laterales de 2 cm y entre ellas de 8 cm. Además, cuentan con dos luces circulares cada una por arriba de cada palanca a una separación de 4 cm, la luz izquierda es amarilla con una intensidad de 100 miliamperios y la derecha es blanca con una intensidad de 20 miliamperios. En medio de las palancas exactamente por debajo de ellas se localiza el comedero. En la pared trasera se encuentra la luz general con una intensidad de 100 miliamperios, a una altura respecto de las rejillas de aproximadamente 16.5 cm. Se utilizó un tono con una frecuencia de 4 KHz a un volumen de 70 decibeles para la presentación de los intervalos temporales. El control de los estímulos y el registro de las respuestas, se realizó con una computadora personal Pentium II conectada a una interface MED-PC (Med Associates, St. Albans, VT).

Se usó un procedimiento de discriminación temporal, específicamente una tarea de bisección temporal. Se programaron cuatro tareas con cuatro pares de duraciones: 0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0", para ensayos de entrenamiento: Posteriormente a estos cuatro pares de duraciones se les agregaron cinco duraciones intermedias que no fueron reforzadas para las sesiones de prueba. En función de lo anterior, se crearon cuatro grupos de ratas, uno para cada par de duración, cada grupo inició el procedimiento con un par de duración específico,

los cuatro grupos pasaron por cada una de las cuatro tareas de bisección temporal; ver tablas 2, 3 y 4 para mayores detalles.

Tabla 2
Duraciones utilizadas en entrenamiento y generalización.

	Duración de señales cortas Palanca izquierda	Duración de señales largas Palanca derecha	Duraciones de señales intermedias
GRUPO 1 n=4	0.5''	2.0''	0.63'', 0.80'', 1.01'', 1.28'', 1.60''
GRUPO 2 n=4	1.0''	4.0''	1.25'', 1.58'', 2.00'', 2.54'', 3.20''
GRUPO 3 n=5	2.0''	8.0''	2.52'', 3.17'', 4.00'', 5.04'', 6.35''
GRUPO 4 n=6	3.0''	12.0''	3.78'', 4.76'', 6.00'', 7.56'', 9.52''

Nota: Presentación total de duraciones de entrenamiento y de prueba.

Pre – entrenamiento

Todas las ratas iniciaron con un procedimiento de moldeamiento, empezando por aproximaciones sucesivas, pasando por un programa razón fija 1 con 40 reforzadores como criterio para continuar con el siguiente procedimiento. Posteriormente pasaron a un moldeamiento alterno 1, el cual consiste en la presentación de una luz semi aleatoriamente tanto del lado izquierdo como del lado derecho, respecto al comedero, la cual funge como estímulo discriminativo y señala en que palanca estará disponible el reforzador tras una respuesta. Se utilizó este tipo de procedimiento para evitar que las preferencias ocurran en una sola palanca, o dicho de otra forma, para evitar sesgos en las respuestas, las ratas fueron llevadas hasta un moldeamiento alterno 20. En moldeamiento alterno el criterio discriminación fue obtener 40 reforzadores y además que las respuestas entre ambas palancas (izquierda y derecha) no tuvieran entre sí una variación mayor al 15%.

Tabla 3
Tipos de manipulaciones en magnitud de reforzamiento

Señal Corta – Señal Larga 1 Pellet – 4 Pellets n=8	Señal Corta – Señal Larga 4 Pellets – 1 Pellet n=11
-----------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

Nota: Presentación de cómo se distribuyeron las variaciones de reforzamiento.

Entrenamiento Inicial

Todos los sujetos recibieron 60 ensayos de entrenamiento por sesión (30 ensayos para señal corta y 30 para señal larga) con una probabilidad de 0.5 de ocurrencia tanto para la duración corta como para la duración larga. Los ensayos de entrenamiento consistieron en la aparición de un tono con la duración de cada una de los intervalos mostrados en las dos primeras columnas con números de izquierda a derecha de la tabla 2, dependiendo del caso, asociado a la palanca izquierda o derecha (o su respectivo contrabalanceo).

Una respuesta correcta tanto para una duración corta como para una duración larga dio como consecuencia la entrega de 1 pellet con una probabilidad de 1.0; el sujeto podía responder durante un intervalo de 20" después de la terminación de los tonos corto o largo según fuera el caso. Si los sujetos no ejecutaban la respuesta correcta, se repetía el ensayo hasta que emitieran la respuesta correcta, y recibían un reforzador (ensayos de corrección). Respuestas correctas o incorrectas daban comienzo a los intervalos entre ensayos (IEE) y que podrían ser duraciones de: 5", 10", 15", 20" o 25", presentados de forma aleatoria. Durante el IEE se apagaban todas las luces y los tonos de la cámara experimental.

Los criterios de discriminación se calcularon en función del porcentaje de respuestas correctas, los cuales se obtuvieron para las duraciones cortas y largas de la siguiente forma: ensayos correctos / total de ensayos. En donde, estos índices tenían que mantenerse al menos durante tres días con un porcentaje de respuestas correctas igual o por arriba de 80% y/o cinco días con un porcentaje de respuestas correctas igual o por arriba de 75%. Índices de discriminación cercanos a 1.0 reflejan un mayor aprendizaje, por el contrario, índices cercanos a cero, denotan menor aprendizaje. La asignación de las señales de duración para palancas izquierda o derecha fue contrabalanceada a través de las ratas, ver tabla 3 y 4.

Disminución de probabilidad de reforzamiento y eliminación de ensayos de corrección.

Siete sujetos entraron a la manipulación con *disminución de probabilidad de reforzamiento a 0.75* y doce sujetos a *eliminación de ensayos de corrección*. La asignación a las dos tareas fue contrabalanceada a través de los sujetos y a los cuatro pares de duraciones.

a) *Disminución de probabilidad de reforzamiento a 0.75*: esta manipulación fue exactamente igual al entrenamiento inicial, sin embargo, aquí no se entregó 1 pellet de reforzamiento con probabilidad de 1.0, sino 1 pellet con probabilidad de entrega de 0.75. La distinción radica justo en que la probabilidad de reforzamiento disminuye para cada respuesta correcta.

b) *Eliminación de ensayos de corrección*: esta manipulación fue exactamente igual al entrenamiento inicial, sin embargo, aquí no hubo ensayos de corrección. Cada que se ejecutaba una respuesta incorrecta se iniciaba un IEE directamente y se asignaba aleatoriamente la duración a estimar del siguiente ensayo, que podía ser otro y no precisamente el mismo en el que ocurrió el error.

La tabla 4 describe el orden de inicio y terminación del protocolo experimental de acuerdo a los grupos.

Tabla 4
Diseño Experimental Cuadrado Latino
Pares de duraciones / Condiciones Experimentales

Grupos	0.5"-2.0"	1.0"-4.0"	2.0"-8.0"	3.0"-12.0"
Grupo 1 n=4	Inicio	→	→	Termino
Grupo 2 n=4	Termino	Inicio	→	→
Grupo 3 n=5	→	Termino	Inicio	→
Grupo 4 n=6	→	→	Termino	Inicio

Nota: Presentación de inicio y terminación del experimento de acuerdo a cada grupo.

Generalización / línea-base

En esta parte del procedimiento se utilizaron dos tipos de arreglos, el primer tipo de tarea corresponde a *generalización 75%-25% con 50%-50%* y el segundo tipo a *generalización 50%-50% con 75%-25%*. A continuación, se describen los bloques anteriores.

a) *Generalización 75%-25%*: los ensayos de entrenamiento equivalían al 75% de los ensayos totales (56 ensayos aproximadamente) como los de entrenamiento con reforzamiento

y, 25% de los ensayos totales (24 ensayos aproximadamente) sin reforzar, pertenecían a las cinco duraciones espaciadas semilogarítmicamente para ensayos de generalización inherentes a cada uno de los cuatro pares de duraciones programadas en la parte de entrenamiento descrita.

b) *Generalización 50%-50%*: los ensayos de entrenamiento equivalían al 50% de los ensayos totales (40 ensayos aproximadamente) como los de entrenamiento con reforzamiento y, 50% de los ensayos totales (40 ensayos aproximadamente) sin reforzar, pertenecían a las cinco duraciones espaciadas semilogarítmicamente para ensayos de generalización inherentes a cada uno de los cuatro pares de duraciones programadas en la parte de entrenamiento.

Ambas opciones de generalizaciones tenían 80 ensayos por sesión. Los ensayos de entrenamiento únicamente otorgaban 1 pellet por cada respuesta correcta tanto para duración corta como para duración larga. Las duraciones intermedias utilizadas fueron cinco duraciones espaciadas semi logarítmicamente con una diferencia de 0.1, ver tabla 2, en ella aparecen las duraciones intermedias de los cuatro pares de duraciones.

Todos los sujetos pasaron por diez sesiones de generalización en dos bloques de cinco. Nueve sujetos iniciaron la fase generalización con el tipo 1 (*75%-25% con 50%-50%*) y los 10 restantes iniciaron con el tipo 2 (*50%-50% con 75%-25%*). Hubo sesiones de re-entrenamiento con corrección entre bloques para mantener los índices de discriminación propuestos. Dado lo anterior, las manipulaciones quedaron de la siguiente manera:

- Bloque 1 de 5 sesiones de *75%-25%* y Bloque 2 de 5 sesiones de *50%-50%*.
- Bloque 1 de 5 sesiones de *50%-50%* y Bloque 2 de 5 sesiones de *75%-25%*.

Ambos tipos de generalización mantuvieron aleatoriamente el IEE de 5.0", 10.0", 15.0", 20.0" y 25.0" tanto para respuestas correctas como para respuestas incorrectas.

Generalización / manipulación magnitud

Esta manipulación fue la misma que la de generalización en línea base. Sin embargo, el cambio se realizó cuando a los dos grupos: *75%-25%* y *50%-50%*, se les aumentaba la magnitud de reforzamiento en los ensayos correspondientes a entrenamiento, que se tenían en la línea base de 1 - 1 a 1 - 4 o a 4 - 1 pellets por cada respuesta correcta, según fuera el caso; esto

aplicaba únicamente para los ensayos de corrección como los de la fase de entrenamiento. Los ensayos con señales de duraciones intermedias continuaban sin reforzarse.

Como todos los grupos de sujetos pasaron por la misma tarea de bisección temporal con una *duración corta* y otra *duración larga*, las etiquetas de los grupos siguientes indican a qué grupo se le reforzaba con 4 pellets la respuesta correcta a la duración corta y a cuál la duración larga; para mayores detalles ver tablas 2 y 3.

- Grupo a) *1 pellet – 1 pellet* versus *1 pellet – 4 pellets*; n=8
- Grupo b) *1 pellet – 1 pellet* versus *4 pellets – 1 pellet*; n=11

La tabla 3 describe como se asignaron las duraciones *corto-largo* para la fase de manipulación de reforzamiento. Para concluir es importante destacar que al final para cada par de duración se obtuvieron 10 sesiones de generalización con igual magnitud de reforzamiento y 10 sesiones de generalización con distinta magnitud. Tras cada bloque de 5 sesiones hubo un re-entrenamiento del tipo 1, con *ensayos de corrección* y con *probabilidad de reforzamiento de 1.0*, tanto para la generalización de igual magnitud de reforzamiento como de distinta.

Resultados

Discriminación / entrenamiento

Se realizaron comparaciones entre las distintas condiciones de entrenamiento. En primer lugar, se muestra la comparación de los ensayos con *corrección y probabilidad de reforzamiento igual a 1.0 (EN CC PROB=1.0)* frente a los *ensayos con corrección y probabilidad de reforzamiento igual a 0.75 (EN CC PROB=0.75)*. Después, se presenta la comparación de los *ensayos con corrección y probabilidad de reforzamiento igual a 1.0 (EN CC PROB=1.0)* frente a los *ensayos sin corrección y probabilidad de reforzamiento igual a 1.0 (EN SC PROB=1.0)*. Las comparaciones fueron en función del número de sesiones que le llevó a los sujetos completar la tarea por arriba del índice de discriminación requerido, el cual consistió en cinco sesiones arriba de 0.75 o tres sesiones arriba de 0.80; donde los índices más cercanos a 1.0 equivalen a índices de discriminación que denotan un mayor aprendizaje.

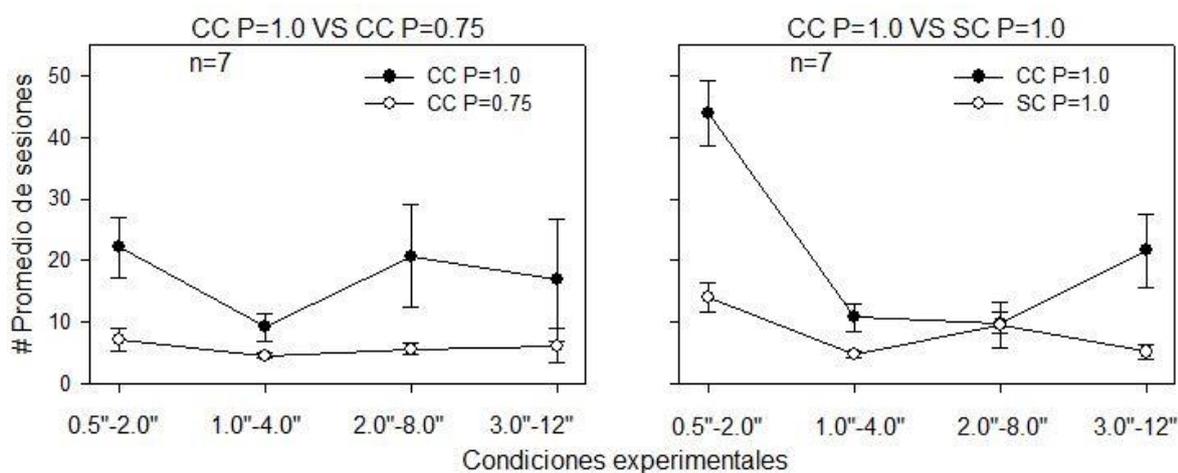


Figura 4. Gráficas de adquisición por número de sesiones.

La figura 4 presenta dos gráficas que describen la adquisición de acuerdo a los diferentes tipos de entrenamiento, el eje de las abscisas representa las cuatro condiciones por las que los sujetos pasaron (0.5''-2.0'', 1.0''-4.0'', 2.0''-8.0'' y 3.0''-12.0'') y el eje de las ordenadas muestra el promedio de número de sesiones que requirieron los organismos para alcanzar el criterio de discriminación. En la gráfica izquierda, los círculos negros señalan los índices de discriminación para *EN CC PROB=1.0* y los círculos vacíos, indican los índices para *EN CC PROB=0.75*. En la gráfica derecha, los círculos vacíos señalan los índices de discriminación para *EN SC PROB=1.0* y los círculos negros señalan los índices para *EN CC PROB=1.0*. Las

barras verticales indican el error estándar de la media (EEM) de cada índice tanto para círculos negros como vacíos.

Entrenamiento Con Corrección y Probabilidad de Reforzamiento=1.0 versus Entrenamiento Con Corrección y Probabilidad de Reforzamiento=0.75

En los *EN CC PROB=1.0*, un total de siete sujetos pasaron por esta manipulación y se encontró que en la condición 0.5"-2.0" los sujetos necesitaron 155 sesiones para alcanzar el criterio; 64 sesiones en la condición 1.0"-4.0"; 145 sesiones en la condición 2.0"-8.0" y en la condición 3.0"-12.0", 118 sesiones. En tanto, para los *EN CC PROB=0.75* se encontró que en la condición 0.5"-2.0" los sujetos necesitaron 50 sesiones; en la condición 1.0"-4.0", 32 sesiones; en la condición 2.0"-8.0", 39 sesiones y en la condición 3.0"-12.0", 43 sesiones; ver tabla 5.

Tabla 5
Adquisición *EN CC PROB=1.0* vs *EN CC PROB=0.75* ($n=7$)

n	SUJ/COND	0.5" - 2.0"	1.0" - 4.0"	2.0" - 8.0"	3.0" - 12.0"	0.5" - 2.0"	1.0" - 4.0"	2.0" - 8.0"	3.0"-12.0"
		CC P=1.0	CC P=1.0	CC P=1.0	CC P=1.0	CC P=0.75	CC P=0.75	CC P=0.75	CC P=0.75
1	1	12	6	57	5	10	5	7	3
2	3	4	12	7	3	3	6	3	3
3	8	43	9	46	6	5	3	9	5
4	9	30	5	6	20	3	5	7	3
5	17	15	4	3	75	16	3	3	3
6	29	26	7	21	6	10	5	7	23
7	32	25	21	5	3	3	5	3	3
SESIONES TOTALES		155	64	145	118	50	32	39	43
SUMA DE TOTALES				482					164
PROMEDIO		22.14	9.14	20.71	16.85	7.14	4.57	5.57	6.14
DESV EST		12.92	5.87	22.06	26.30	5.01	1.13	2.50	7.47
EEM		4.88	2.21	8.34	9.94	1.89	0.42	0.94	2.82

Nota: Presentación del número de sesiones para cada sujeto de acuerdo a cada condición para la manipulación de disminución de reforzamiento al 75%.

La tabla 5 describe el número de sesiones que cada sujeto necesitó para pasar de una condición a otra, de *EN CC PROB=1.0* vs *EN CC PROB=0.75*, además muestra los parámetros de promedio, desviación estándar y error estándar de la media (EEM).

Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de medidas repetidas con dos factores (*EN CC PROB=1.0* vs *EN CC PROB=0.75*) con cuatro niveles en cada factor (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0"), para determinar si existen cambios en la adquisición según el tipo

de entrenamiento, no hubo efectos de interacción, sólo se encontró un efecto estadísticamente significativo, este fue el efecto principal al pasar de *EN CC PROB=1.0* a *EN CC PROB=0.75*, $F(1, 6) = 20.243$; $p < 0.05$, por lo tanto, hubo una disminución significativa en el número de sesiones al pasar de una condición a otra.

Entrenamiento Con Corrección y Probabilidad de Reforzamiento=1.0 versus Entrenamiento Sin Corrección y Probabilidad de Reforzamiento=1.0

En la manipulación de *EN CC PROB=1.0*, con una muestra de siete sujetos (extraídos aleatoriamente de la muestra total de doce sujetos para esta manipulación con el objetivo de igualar las muestras entre manipulaciones), se encontró que en la condición 0.5"-2.0" los sujetos necesitaron de 307 sesiones para alcanzar los índices de discriminación; en la condición 1.0"-4.0", 75 sesiones; en la condición 2.0"-8.0", 69 sesiones y en la condición 3.0"-12.0", 151 sesiones. En contraste, en la manipulación *EN SC PROB=1.0* se obtuvo que en la condición 0.5"-2.0" se necesitaron 98 sesiones; en la condición 1.0"-4.0", 33 sesiones; en la condición 2.0"-8.0", 67 sesiones y en la condición 3.0"-12.0", 36 sesiones; ver tabla 6.

Tabla 6
Adquisición *EN CC PROB=1.0* vs *EN SC PROB=1.0* ($n=7$)

n	SUJ/COND	0.5 - 2.0	1.0 - 4.0	2.0 - 8.0	3.0 - 12.0	0.5 - 2.0	1.0 - 4.0	2.0 - 8.0	3.0 - 12.0
		CC P=1	CC P=1	CC P=1	CC P=1	SC P=1	SC P=1	SC P=1	SC P=1
1	5	30	6	11	36	14	7	7	14
2	2	79	5	4	3	20	5	8	3
3	14	36	6	21	48	27	5	4	6
4	16	57	6	12	45	5	3	4	3
5	28	36	13	9	13	8	3	38	4
6	30	42	27	6	3	19	7	3	3
7	31	27	12	6	3	5	3	3	3
SESIONES TOTALES		307	75	69	151	98	33	67	36
SUMA DE TOTALES					602				234
PROMEDIO		43.85	10.71	9.85	21.57	14.00	4.71	9.57	5.14
DESV EST		18.30	7.86	5.69	20.67	8.44	1.79	12.68	4.05
EEM		5.28	2.271	1.64	5.96	2.43	0.51	3.66	1.17

Nota: Presentación del número de sesiones para cada sujeto de acuerdo a cada condición para la manipulación de eliminación de ensayos de corrección.

La tabla 6 expone para la manipulación *EN CC PROB=1.0* vs *EN SC PROB=1.0*, el número de sesiones que cada sujeto necesitó para pasar de una condición a otra, además se señalan los parámetros de promedio, desviación estándar y error estándar de la media (EEM).

También se realizó un ANOVA de medidas repetidas con dos factores (*EN CC PROB=1.0* vs *EN SC PROB=1.0*) con cuatro niveles en cada factor (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0") para determinar si existen cambios en la adquisición según el tipo de entrenamiento, el cual indicó que hubo un efecto principal en los dos factores, es decir, al pasar de *EN CC PROB=1.0* a *EN SC PROB=1.0*, $F(1, 6) = 24.480$; $p < 0.05$, esto sugiere que hubo una disminución significativa en el número de sesiones al pasar de una manipulación experimental a otra; también hubo un efecto significativo por niveles o condición, en los pares de duraciones corto-largo, de $F(3, 18) = 7.496$; $p < 0.05$, lo que sugiere que no todas las condiciones se aprendieron con el mismo número de sesiones y, también hubo un efecto de interacción $F(3, 18) = 4.544$; $p < 0.05$.

Tabla 7
Diseño Experimental
Pares de duraciones / Condiciones Experimentales Con Sesiones totales

Grupos	0.5"-2.0"	1.0"-4.0"	2.0"-8.0"	3.0"-12.0"
Grupo 1 n=4	Inicio	→	→	Termino
	Total 90	Total 33	Total 91	Total 27
Grupo 2 n=4	Termino	Inicio	→	→
	Total 98	Total 72	Total 24	Total 12
Grupo 3 n=5	→	Termino	Inicio	→
	Total 245	Total 27	Total 139	Total 31
Grupo 4 n=6	→	→	Termino	Inicio
	Total 219	Total 30	Total 57	Total 261
Sumas Totales	652	162	311	331

Nota: Presentación de inicio y terminación del experimento de acuerdo a cada grupo con número de sesiones de acuerdo a cada par de duración.

La tabla 7 presenta la muestra total de sujetos en este experimento (19), también muestra el orden de inicio, secuencia y terminación para cada uno de los cuatro grupos de acuerdo a cada condición experimental (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0") e, igualmente exhibe el número total de sesiones que requirió cada grupo para alcanzar los criterios de discriminación dados, únicamente para la primera parte de adquisición, que fue *Entrenamiento con corrección y probabilidad de reforzamiento igual a 1.0*.

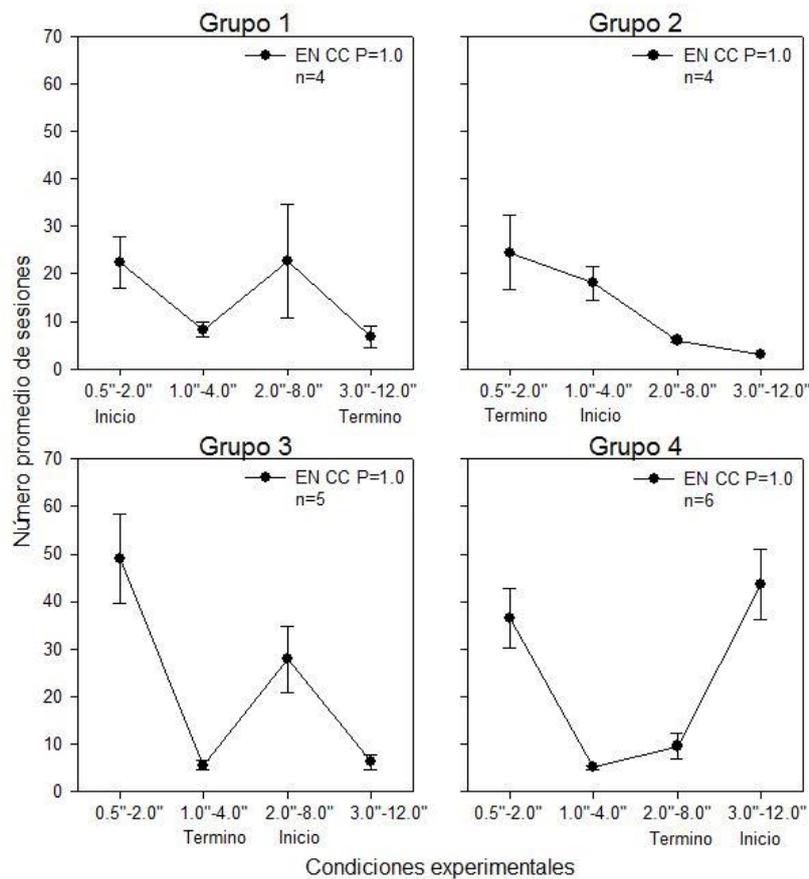


Figura 5. Promedio de sesiones de adquisición por grupo.

La figura 5 muestra el promedio de sesiones de adquisición que le llevó a cada grupo experimental alcanzar los criterios de adquisición. En el eje X se presentan las cuatro condiciones experimentales y en el eje Y el número de sesiones por promedio.

Se realizaron cuatro análisis de varianza de medidas repetidas de un factor (EN CC $P=1.0$) con cuatro niveles (0.5''-2.0'', 1.0''-4.0'', 2.0''-8.0'' y 3.0''-12.0''), una para cada panel de la figura 5. El ANOVA para el panel superior izquierdo no mostró diferencias significativas; el siguiente análisis para el panel superior derecho, mostró diferencias significativas, $F(3,9) = 6.619$; $p < 0.05$; para el grupo 3, el análisis de varianza mostró también diferencias significativas $F(3,12) = 10.532$; $p < 0.05$ y, por último, el análisis de varianza para el grupo 4, presentó diferencias significativas $F(3,15) = 13.125$; $p < 0.05$.

Al final, al comparar con un ANOVA de medidas repetidas de un factor con 4 niveles (0.5-2.0'', 1.0''-4.0'', 2.0''-8.0'' y 3.0''-12.0'') no por grupos como los análisis previos sino por condiciones, sesiones totales de la columna 0.5-2.0'' versus 1.0''-4.0'', versus 2.0''-8.0'' y versus 3.0''-12.0'', de la tabla 7, se encontraron diferencias significativas $F(3, 54) = 223.40$; $p < 0.05$.

Generalización / prueba

El orden de los resultados es el siguiente, primero se presentan las gráficas de las curvas de generalización y enseguida los ajustes sigmoideos según la condición (par de duraciones), para comparar los índices de generalización de acuerdo a misma magnitud (MM) y distinta magnitud (DM). También, se muestran los análisis estadísticos que comparan la ejecución de los sujetos en las generalizaciones de acuerdo a la manipulación de las magnitudes, MM y DM por cada condición (par de duraciones). Posteriormente, se describen los parámetros psicofísicos y sus respectivos análisis estadísticos. Por último, se presentan las superposiciones de acuerdo a cada manipulación experimental, dado que otra característica destacada en los resultados de una tarea de bisección temporal, es la superposición de las curvas de generalización.

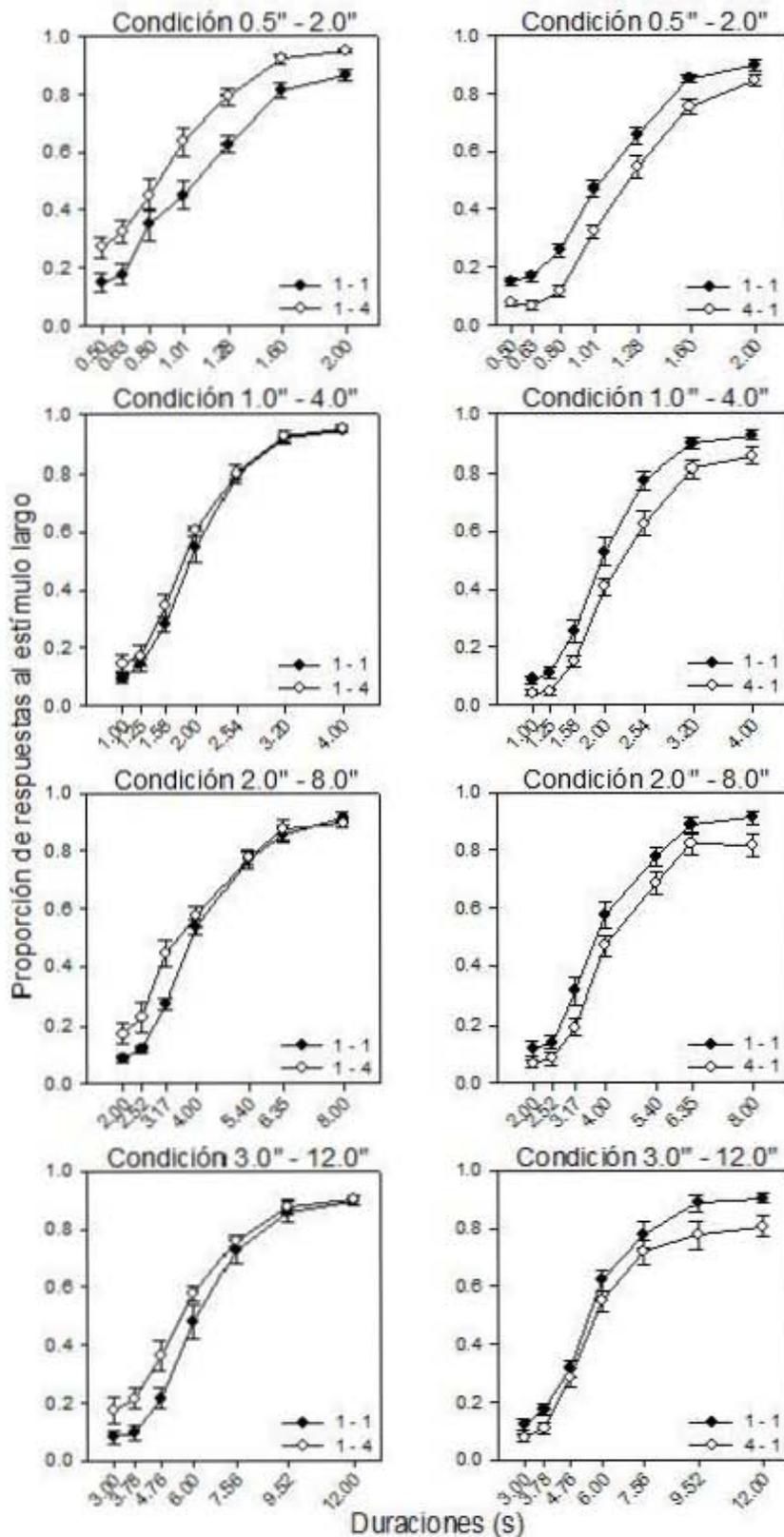


Figura 6. Curvas de generalización. En la columna izquierda se manipuló la magnitud de reforzamiento de 1 pellet-1 pellet versus 1 pellet-4 pellets ($n=8$) y en la columna derecha se manipuló de 1 pellet-1 pellet versus 4 pellets-1 pellet ($n=11$). El eje de las ordenadas presenta la proporción de respuestas al tono largo, el eje de las abscisas muestra las duraciones de cada condición, corto-largo e intermedias. Las barras verticales indican el error estándar de la media.

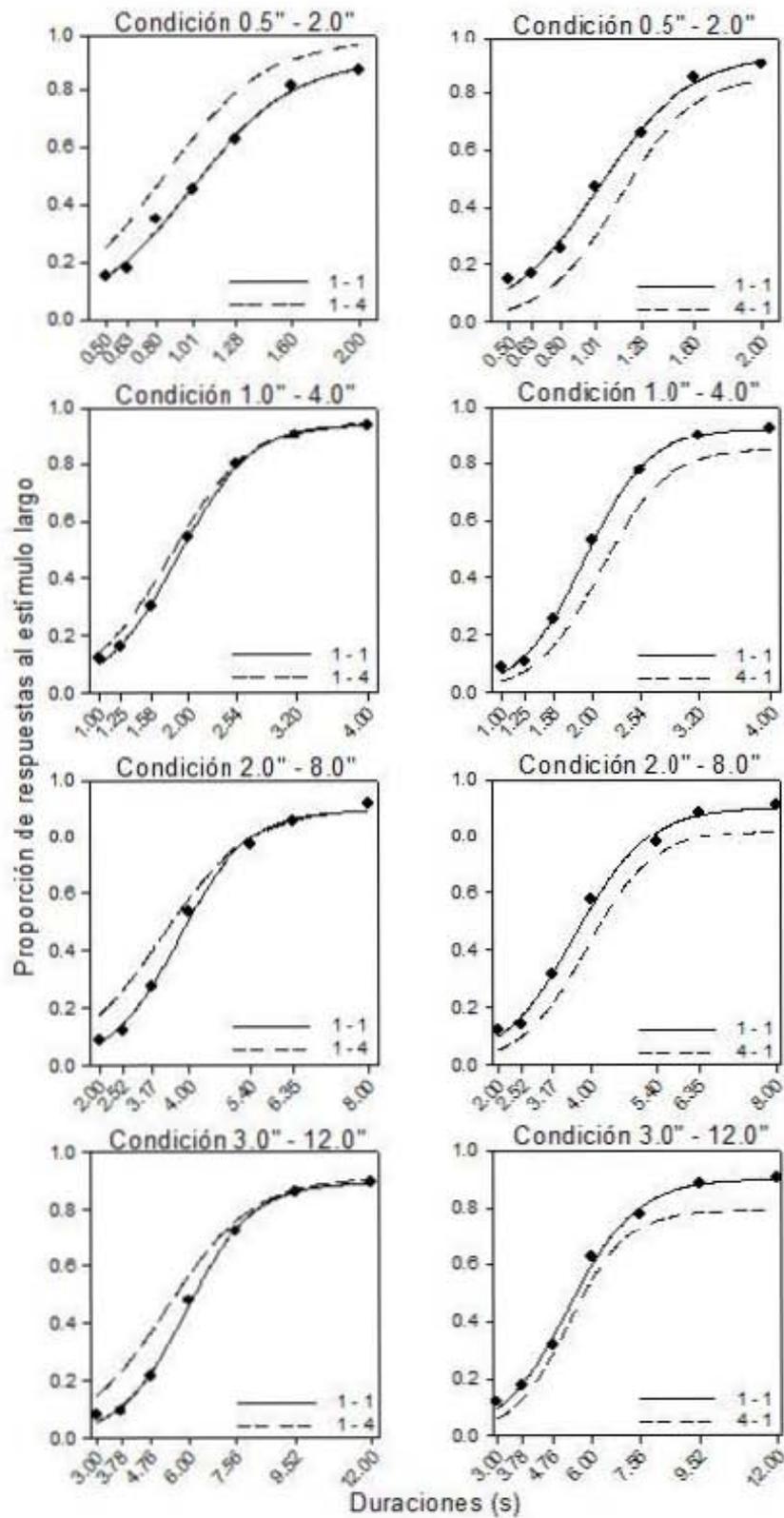


Figura 7. Ajustes sigmoideos. En la columna izquierda se manipuló la magnitud de reforzamiento de 1 pellet-1 pellet versus 1 pellet-4 pellets ($n=8$) y en la columna derecha se manipuló de 1 pellet-1 pellet versus 4 pellets-1 pellet ($n=11$). El eje de las ordenadas presenta la proporción de respuestas al tono largo, el eje de las abscisas muestra las duraciones de cada condición, corto-largo e intermedias.

Las figuras 6 y 7 se realizaron con los mismos puntajes, cada grafica de las figuras muestra el promedio de 40 sesiones de generalización en línea base y 40 sesiones de generalización en manipulación de magnitud de reforzamiento, con una muestra de 8 sujetos en las gráficas del lado izquierdo y una muestra de 11 sujetos en las gráficas restantes del lado derecho. La diferencia entre las figuras 6 y 7 radica en que en la figura 6 aparecen curvas de generalización con unión de puntos con el error estándar de la media (EEM) en barras verticales y en la figura 7 aparecen ajustes sigmoideos; los cuales se obtuvieron tras ajustar la siguiente función sigmoidea de tres parámetros:

$$f = a / (1 + \exp(-(x - x_0) / b))$$

Donde x es la duración del estímulo, a es el valor máximo de la función, x_0 es el punto de bisección (la duración de tiempo a la cual p (LARGO) = 0.5) y b es un parámetro para la pendiente.

Los análisis se realizaron en función de las columnas izquierda y derecha de las figuras 6 y 7, esto debido a que en las columnas del lado izquierdo se manipula la magnitud de reforzamiento de *1 pellet-1 pellet versus 1 pellet-4 pellets* y en las columnas del lado derecho se manipula de *1 pellet-1 pellet versus 4 pellets-1 pellet*; además de que la muestra de la columna izquierda es de 8 sujetos y la muestra de la columna derecha es de 11 sujetos, en donde ellos mismos fungen primero como su propio grupo control y después como su propio grupo experimental.

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba estadística ANOVA de medidas repetidas¹, de dos factores (misma magnitud, MM y distinta magnitud, DM) con siete niveles en cada factor (una duración corta, otra larga y cinco duraciones intermedias), para comparar la ejecución de los sujetos de acuerdo a la manipulación de las magnitudes, MM y DM por cada condición (par de duraciones).

¹ Si la prueba de esfericidad de Mauchly se cumple, se sugiere hacer uso del modelo univariado, en el caso de que no se cumpla, se sugiere hacer uso de modelo multivariado. Para pasar esta prueba se necesita encontrar un estadístico W con una probabilidad asociada igual o mayor a 0.5.

Al realizar el ANOVA para la condición *0.5''-2.0'' - 1 pellet vs 4 pellets*, se encontró un efecto principal al pasar de MM a DM de $F(1, 7) = 48.682$; $p < 0.05$; un efecto de duración de $F(6, 2) = 70.396$; $p < 0.05^2$ y no hubo efectos de interacción. En la manipulación *4 pellets vs 1 pellet*, se encontró un efecto principal al pasar de MM a DM de $F(1, 10) = 59.611$; $p < 0.05$; un efecto de duración de $F(6,5) = 160.675$; $p < 0.05^3$ y no hubo efectos de interacción.

En el ANOVA para la condición *1.0''-4.0'' - 1 pellet vs 4 pellets*, no se encontró ningún efecto principal al pasar de MM a DM, ni de interacción; pero sí, un efecto de duración de $F(6,2) = 155.580$; $p < 0.05^4$. Por otro lado, en la manipulación *4 pellets vs 1 pellet*, se encontró un efecto principal al pasar de MM a DM de $F(1, 10) = 23.953$; $p < 0.05$; un efecto de duración de $F(6,5) = 194.239$; $p < 0.05^5$; pero no hubo efectos de interacción.

En el ANOVA para la condición *2.0''-8.0'' - 1 pellet vs 4 pellets*, se encontró un efecto principal al pasar de MM a DM de $F(1, 7) = 5.639$; $p < 0.05$; un efecto de duración de $F(6,42) = 225.743$; $p < 0.05$; y no se hallaron efectos de interacción; y en la manipulación *4 pellets vs 1 pellet*, se halló un efecto principal al pasar de MM a DM de $F(1, 10) = 12.804$; $p < 0.05$; un efecto de duración de $F(6, 5) = 58.447$; $p < 0.05^6$; y no se hallaron efectos de interacción.

En el ANOVA para la condición *3.0''-12.0'' - 1 pellet vs 4 pellets*, se halló un efecto principal al pasar de MM a DM de $F(1, 7) = 7.967$; $p < 0.05$; un efecto de duración de $F(6, 2)$

² No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.0002$; $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resulto significativo, $F(6, 42) = 101.443$; $p < 0.05$.

³ No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.012$; $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resulto significativo, $F(6, 60) = 381.588$; $p < 0.05$.

⁴ No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.00004$; $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resulto significativo, $F(6, 42) = 281.782$; $p < 0.05$.

⁵ No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.016$; $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resulto significativo, $F(6, 60) = 404.335$; $p < 0.05$.

⁶ No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.00007$; $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resulto significativo, $F(6, 60) = 167.263$; $p < 0.05$.

= 73.707; $p < 0.05^7$; y no se hallaron efectos de interacción y en el ANOVA para la condición *4 pellets vs 1 pellet*, se halló un efecto principal al pasar de MM a DM de $F(1, 10) = 16.673$; $p < 0.05$; un efecto de duración de $F(6,5) = 93.715$; $p < 0.05^8$; y no se hallaron efectos de interacción.

Todos los análisis de varianza mostraron un efecto principal al cambiar de MM a DM (excepto la condición *1.0''-4.0''* en *1 pellet vs 4 pellets*). Es decir, se observó un desplazamiento hacia arriba y un aumento en la proporción de respuestas al tono largo respecto a la línea base, en los ajustes sigmoideos y curvas de generalización de la manipulación *1 pellet vs 4 pellets*. En contraste, en la manipulación *4 pellets vs 1 pellet* hubo un desplazamiento hacia abajo y una disminución en la proporción de respuestas al tono largo respecto a la línea base, en los ajustes sigmoideos y curvas de generalización.

También, todos los análisis presentaron un efecto de duración. Es decir, hay cambios en la discriminación de acuerdo a cada duración presentada (una duración corta, otra larga y cinco intermedias). En ningún análisis se halló algún efecto de interacción.

⁷ No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.00001$; $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resultó significativo, $F(6, 42) = 146.593$; $p < 0.05$.

⁸ No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.002$; $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resultó significativo, $F(6, 60) = 184.787$; $p < 0.05$.

Parámetros psicofísicos

Tabla 8
Parámetros psicofísicos Misma y Distinta Magnitud

PROMEDIOS	1 Pellet - 1 Pellet Misma Magnitud	1 Pellet - 4 Pellets Distinta Magnitud
Condición 0.5-2.0 s		
Punto de bisección	1.05 ± 0.04	0.83 ± 0.04
Limen	0.38 ± 0.05	0.33 ± 0.03
Fracción de Weber	0.36 ± 0.05	0.41 ± 0.04
Condición 1.0-4.0 s		
Punto de bisección	1.94 ± 0.4	1.83 ± 0.03
Limen	0.43 ± 0.05	0.502 ± 0.06
Fracción de Weber	0.22 ± 0.02	0.27 ± 0.03
Condición 2.0-8.0 s		
Punto de bisección	3.98 ± 0.09	3.59 ± 0.18
Limen	1.00 ± 0.07	1.25 ± 0.15
Fracción de Weber	0.25 ± 0.01	0.35 ± 0.04
Condición 3.0-12.0 s		
Punto de bisección	6.15 ± 0.25	5.47 ± 0.23
Limen	1.38 ± 0.17	1.84 ± 0.23
Fracción de Weber	0.22 ± 0.02	0.35 ± 0.05

Media ± E.E.M.

Tabla 9
Parámetros psicofísicos Misma y Distinta Magnitud

PROMEDIOS	1 Pellet - 1 Pellet Misma Magnitud	4 Pellets - 1 Pellet Distinta Magnitud
Condición 0.5-2.0 s		
Punto de bisección	1.06 ± 0.02	1.22 ± 0.03
Limen	0.33 ± 0.02	0.35 ± 0.04
Fracción de Weber	0.30 ± 0.01	0.29 ± 0.04
Condición 1.0-4.0 s		
Punto de bisección	1.97 ± 0.06	2.25 ± 0.06
Limen	0.41 ± 0.03	0.57 ± 0.06
Fracción de Weber	0.20 ± 0.01	0.24 ± 0.02
Condición 2.0-8.0 s		
Punto de bisección	3.83 ± 0.12	4.33 ± 0.17
Limen	0.89 ± 0.13	0.96 ± 0.13
Fracción de Weber	0.23 ± 0.03	0.22 ± 0.02
Condición 3.0-12.0 s		
Punto de bisección	5.66 ± 0.17	5.97 ± 0.33
Limen	1.35 ± 0.17	1.55 ± 0.25
Fracción de Weber	0.23 ± 0.02	0.28 ± 0.04

Media ± E.E.M.

La tabla 8 muestra para la manipulación *1 pellet-1 pellet versus 1 pellet-4 pellets*, los promedios y el error estándar de la media (EEM) de los parámetros psicofísicos de: Punto de bisección (PB), Umbral Diferencial (Limen) y Fracción de Weber (FW). La tabla 9 muestra los promedios

de los parámetros psicofísicos y el EEM para la manipulación *1 pellet-1 pellet versus 4 pellets-1 pellet*. A continuación, se muestran las figuras 8, 9, 10 y 11; éstas ilustran gráficamente los resultados anteriores. El lado izquierdo de las cuatro figuras muestra la manipulación *1p - 1p vs 1p - 4p* y el lado derecho presenta la manipulación *1p - 1p vs 4p vs 1p*.

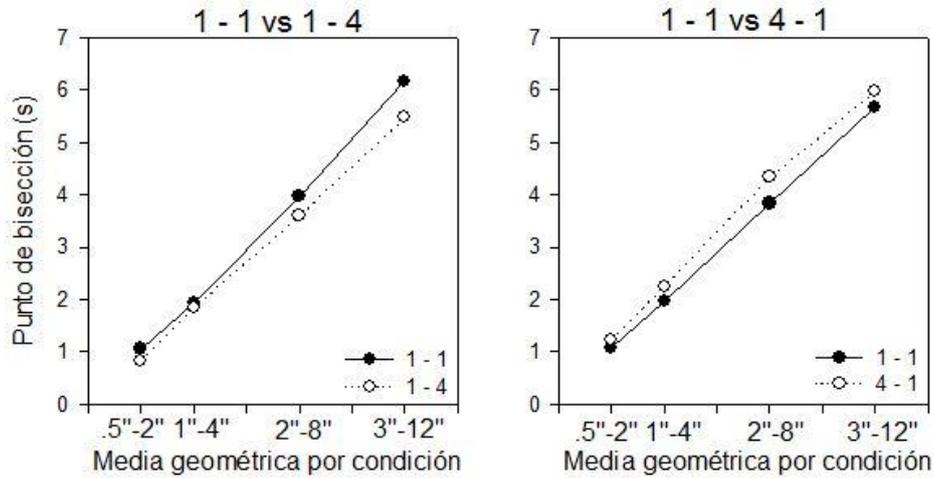


Figura 8. Gráficas para Punto de bisección (PB).

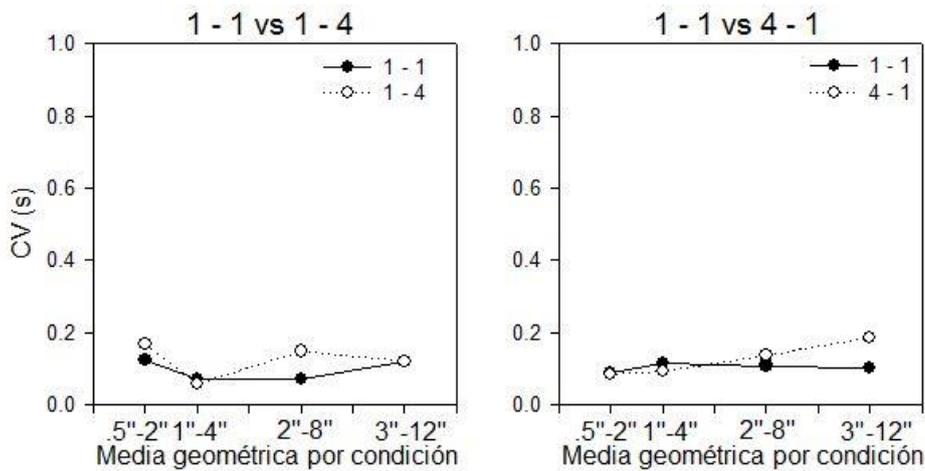


Figura 9. Gráficas para Ley de Weber (CV=Desv. Est./Media; respecto a PB).

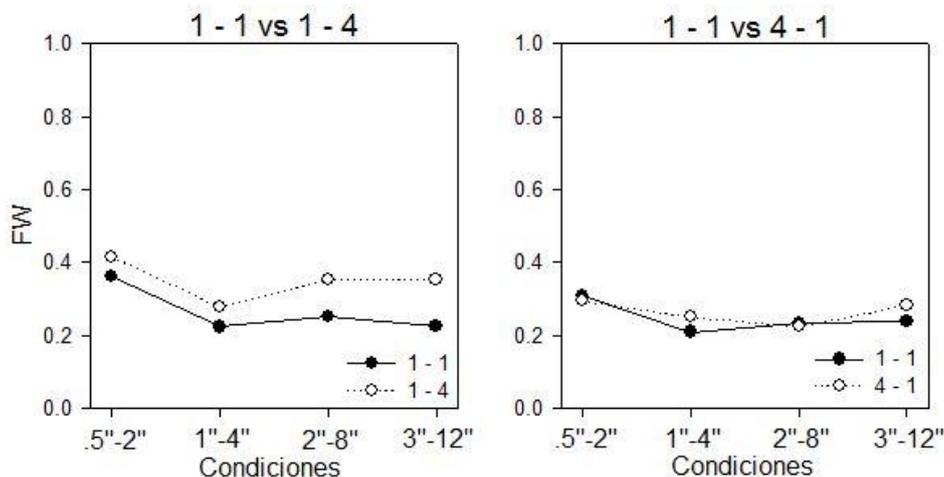


Figura 10. Gráficas para Fracción de Weber (FW=Limen/PB).

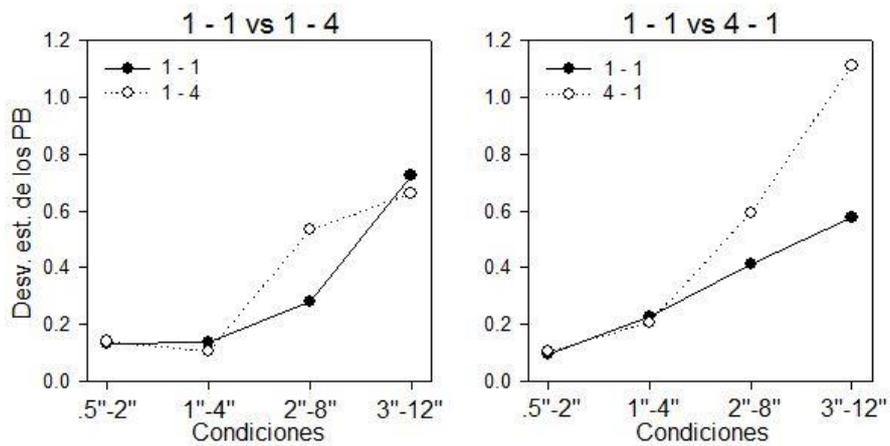


Figura 11. Gráficas para Variabilidad Escalar (Desv. Est de PB).

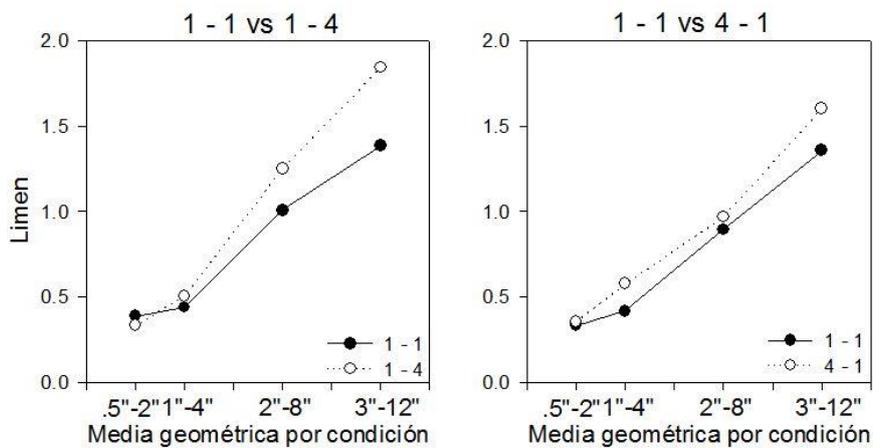


Figura 12. Gráficas para limen o umbral diferencial.

La figura 8 ilustra los Puntos de Bisección (PB) para misma (1p - 1p) y distinta magnitud de reforzamiento (1p - 4p; 4p - 1p). Ambas gráficas muestran los PB de acuerdo a cada par de duraciones. En el eje x están las condiciones por las que los sujetos pasaron (0.5''-2.0'', 1.0''-4.0'', 2.0''-8.0'' y 3.0''-12.0'') y las medias geométricas respectivas y, en el eje y las duraciones en segundos que describen los PB.

La figura 9 expone las gráficas para Ley de Weber, tanto para misma (1p - 1p) y distinta magnitud de reforzamiento (1p - 4p; 4p - 1p). Ambas gráficas muestran los índices de Ley de Weber, de acuerdo a cada par de duraciones. En el eje x están las condiciones por las que los sujetos pasaron (0.5''-2.0'', 1.0''-4.0'', 2.0''-8.0'' y 3.0''-12.0'') y las medias geométricas asociadas a esas condiciones y, en el eje y los puntajes que describen los índices para Ley de Weber.

La figura 10 muestra el parámetro de Fracción de Weber para misma (1p - 1p) y distinta magnitud de reforzamiento (1p - 4p; 4p - 1p). Ambas gráficas muestran las FW de acuerdo a cada par de duraciones. En el eje x están las condiciones por las que los sujetos pasaron (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0") y, en el eje y los puntajes que describen los índices para FW.

La figura 11 describe las gráficas para Variabilidad Escalar, para misma (1p - 1p) y distinta magnitud de reforzamiento (1p - 4p; 4p - 1p). Ambas gráficas muestran las desviaciones estándar de acuerdo a cada par de duraciones. En el eje x están las condiciones por las que los sujetos pasaron (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0") y, en el eje y los puntajes que describen los índices para la Variabilidad Escalar.

La figura 12 muestra el parámetro de Limen o umbral diferencial para misma (1p - 1p) y distinta magnitud de reforzamiento (1p - 4p; 4p - 1p). Ambas gráficas muestran los parámetros de limen, de acuerdo a cada par de duraciones. En el eje x están las condiciones por las que los sujetos pasaron (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0") y, en el eje y los puntajes que describen los índices para Limen.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizaron ANOVAS de medidas repetidas de dos factores (misma magnitud, MM y distinta magnitud, DM) con cuatro niveles en cada factor (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0"), para cada uno de los siguientes parámetros psicofísicos: Punto de bisección (PB), umbral diferencial (Limen) y Fracción de Weber (FW), por condiciones *1 pellet-4 pellets* y *4 pellets-1 pellet*.

El ANOVA para PB en la manipulación *1 pellet-4 pellets* mostró un efecto principal al pasar de misma magnitud (MM) a distinta magnitud (DM) de $F(1, 7) = 12.896$; $p < 0.05$; un efecto de condición $F(3, 5) = 248.316$; $p < 0.05^9$; y ningún efecto de interacción. La manipulación *4 pellets-1 pellet* presentó un efecto principal al pasar de misma magnitud (MM)

⁹ No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.10$, $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resultó significativo, $F(3, 21) = 378.344$; $p < 0.05$.

a distinta magnitud (DM) de $F(1, 10) = 8.862$; $p < 0.05$; un efecto de condición $F(3, 8) = 310.597$; $p < 0.05^{10}$; y ningún efecto de interacción.

El ANOVA para Limen dentro de la manipulación 1 pellet-4 pellets presentó un efecto principal al pasar de misma magnitud (MM) a distinta magnitud (DM) de $F(1, 7) = 11.605$; $p < 0.05$; un efecto de condición $F(3, 5) = 62.321$; $p < 0.05^{11}$; y ningún efecto de interacción. En la restante manipulación 4 pellets-1 pellet, el análisis mostró un efecto de condición $F(3, 8) = 32.990$; $p < 0.05^{12}$; pero no muestra ningún efecto principal al pasar de misma magnitud (MM) a distinta magnitud (DM) y, ningún efecto de interacción.

En la manipulación 1 pellet-4 pellets el ANOVA para FW describe un efecto principal al pasar de misma magnitud (MM) a distinta magnitud (DM) de $F(1, 7) = 13.786$; $p < 0.05$; un efecto de condición $F(3, 5) = 9.734$; $p < 0.05^{13}$; y ningún efecto de interacción. Y en la manipulación 4 pellets-1 pellet se encontró un efecto de condición $F(3, 30) = 3.541$; $p < 0.05$; pero no se encontró ningún efecto principal al pasar de misma magnitud (MM) a distinta magnitud (DM) y, ningún efecto de interacción.

¹⁰ No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.09$, $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resultó significativo, $F(3, 30) = 272.278$; $p < 0.05$.

¹¹ No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.01$, $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resultó significativo, $F(3, 21) = 35.329$; $p < 0.05$.

¹² No pasó prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.10$, $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resultó significativo, $F(3, 30) = 31.112$; $p < 0.05$.

¹³ No paso prueba de esfericidad, ésta salió significativa ($W=0.08$, $p<0.05$), por ello se describe el estadístico de análisis multivariado en el texto; de cualquier forma el análisis univariado también resultó significativo, $F(3, 21) = 4.059$; $p < 0.05$.

Superposiciones

La figura 13 muestra las superposiciones para todas las condiciones experimentales (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0") y por manipulación de magnitud de reforzamiento (misma magnitud, MM y distinta magnitud, DM).

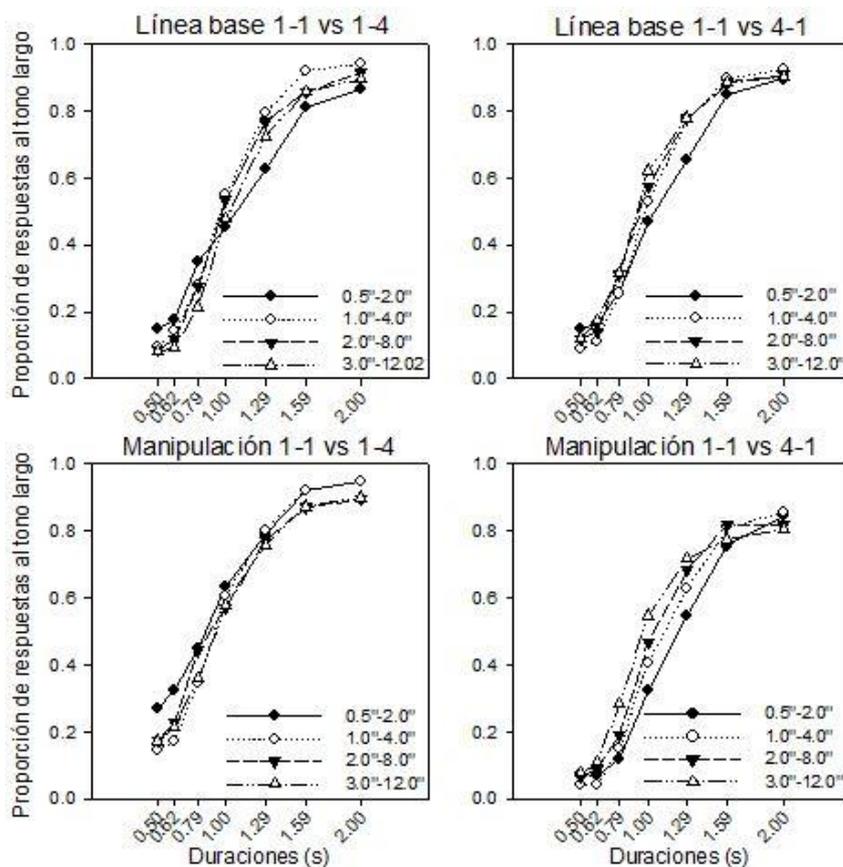


Figura 13. Superposiciones. El eje de las abscisas muestra duraciones en segundos estandarizadas (división de cada estímulo por su propio PB, T/PB). El eje de las ordenadas muestra proporción de respuestas al tono largo. Paneles superiores indican línea base (1 pellet versus 1 pellet) y paneles inferiores ilustran las manipulaciones de magnitud de reforzamiento (1 pellet versus 4 pellets gráfica izquierda; 4 pellets versus 1 pellet gráfica derecha). Círculos negros describen índices de generalización para la condición 0.5"-2.0", círculos vacíos para la condición 1.0"-4.0", triángulos negros para la condición 2.0"-8.0" y triángulos vacíos para la condición 3.0"-12.0".

La normalización del eje de las abscisas en la figura 13 se realizó de la siguiente manera: al dividir para cada condición (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0"), cada una de las duraciones (siete posibles: corta, larga y cinco intermedias) sobre su propio punto de bisección (1", 2", 4" y 6").

La gráfica superior izquierda describe la línea base para la manipulación *1 pellet-1 pellet versus 1 pellet-4 pellets*, y se observa poca variabilidad, únicamente la condición 0.5"-2.0" muestra un alejamiento más pronunciado respecto a las demás condiciones. La gráfica superior derecha describe la línea base para la manipulación *1 pellet-1 pellet versus 4 pellets-1 pellet*, y se observa variabilidad únicamente en la condición 0.5"-2.0". Los resultados anteriores, reflejan una disminución de los índices en la condición 0.5"-2.0", respecto a las demás.

La gráfica inferior izquierda describe la manipulación de magnitud de reforzamiento *1 pellet-1 pellet versus 1 pellet-4 pellets*, y se observa variabilidad en las condiciones 0.5"-2.0" y 1.0"-4.0". Además, los índices de discriminación de todas las curvas, al superponerse, están por arriba respecto a la línea base. La gráfica inferior derecha describe la manipulación de magnitud de reforzamiento *1 pellet-1 pellet versus 4 pellets-1 pellet*, y se observa variabilidad en todas las condiciones, esta gráfica muestra una menor superposición en comparación con las otras; por otro lado, las curvas de generalización de cada una de las condiciones muestran una disminución en los índices respecto a la línea base.

Para cada una de las gráficas de la figura 13 se llevó a cabo un ANOVA de medidas repetidas de un factor (misma o distinta magnitud de reforzamiento) con 4 niveles (0.5"-2.0", 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0").

Para el panel superior izquierdo se encontró que hay cambios significativos, no en el análisis univariado (no pasó prueba de esfericidad) sino en el análisis multivariado $F(3, 4) = 17.830$; $p < 0.05$; y en la gráfica superior derecha no se encontraron diferencias significativas. La gráfica inferior izquierda mostró diferencias significativas tanto con el modelo univariado $F(3, 18) = 6.222$; $p < 0.05$ (sin pasar prueba de esfericidad) como con el multivariado $F(3, 4) = 377.061$; $p < 0.05$; y por último el panel inferior derecho no mostró diferencias significativas.

Discusión

En este trabajo se utilizó una tarea de bisección temporal para conocer si la variable magnitud de reforzamiento afecta o altera procesos inherentes al control temporal del comportamiento; además se manipuló la probabilidad de reforzamiento para conocer como los organismos ajustan su conducta a esos cambios de probabilidad; finalmente se evaluó un par de duración (0.5"-2.0") escasamente utilizada en tareas de bisección temporal con organismos no humanos.

Discriminación

Los resultados encontrados en este trabajo en el apartado de discriminación concuerdan con los hallazgos reportados en la literatura (Catania, 1970; Dayan, Averbeck, Richmond y Cohen, 2014; García, Benjumea y Gomez, 2008; Gibbon, Farrell, Locurto, Duncan y Terrace, 1980; Gotlieb, 2004), porque al disminuir probabilidad de reforzamiento o eliminar ensayos de corrección durante la tarea referente a discriminación, el ajuste conductual del organismo hace que se mantengan índices de discriminación altos, la figura 4 describe los cambios significativos, ya que al pasar de EN CC P=1.0 a EN CC P=0.75 o EN SC P=1.0, los índices de discriminación se alcanzan más rápidamente para ambas manipulaciones. De esta forma se sugiere que ensayos no reforzados juegan un rol importante en el mantenimiento de conductas tanto de automoldeamiento como de discriminación de intervalos temporales auditivos. Además, es importante destacar que este tipo de procedimientos y sus hallazgos, gozan de una validez ecológica más amplia, ya que fuera del laboratorio los organismos se enfrentan a cursos de acción que requieren distintas conductas y como resultado, distintas consecuencias que no siempre son reflejo de un reforzamiento continuo, sino variable o incierto (Dayan, Averbeck, Richmond y Cohen, 2013).

Respecto a este mismo apartado, se observó que la condición 0.5"-2.0" en comparación con las sesiones totales para los 4 grupos, requirió un mayor número de sesiones para alcanzar los índices de discriminación, lo que sugiere que la condición 0.5"-2.0" es más difícil de discriminar, no obstante, el experimento original de Church y Deluty de 1977 no hace uso de este par de duraciones ni tampoco investigaciones posteriores (Galtress y Kirkpatrick, 2010; McClure, Saulsgiver y Wynne, 2009; Ward y Odum, 2005; Ward y Odum, 2006; Ward y Odum, 2007), su par de duración más corto es 1.0"-4.0" o 2.0"-8.0", tal vez por ello, no hay reportes

sobre este tipo de hallazgos en discriminaciones más cortas como las utilizadas en el presente trabajo. Una posible explicación del aumento en la dificultad para discriminar duraciones más cortas recae en que este tipo de duraciones demandan mayores recursos atencionales para poder ser percibidas, ya que son duraciones que ocurren tan rápido que, si no se otorga el recurso atencional debido, simplemente puede no ser percibida.

Además, se encontraron diferencias significativas al analizar el número de sesiones totales tras pasar por las distintas condiciones en los grupos 2, 3 y 4, y sólo no hubo diferencias en el grupo 1. Lo que apoya lo antes descrito ya que las diferencias estadísticas señalan que el número de sesiones distinto describe una posible facilidad o dificultad de alguna condición experimental; y el análisis por condiciones global (no por cada grupo) para todos los sujetos, también muestra diferencias significativas.

En el contexto de los resultados anteriores, es importante destacar que Church y Deluty (1977) no utilizan una duración menor a 1.0" pero, Gibbon (1977) señala que la investigación con organismos humanos en este campo, ha hecho uso de intervalos temporales menores a 0.5" y que con organismos no humanos la investigación ha recaído en duraciones mayores a 1.0", sin embargo, se explica que el rango tras el cual la regla escalar comienza, recae alrededor 0.5" y se encuentra mejor evidencia a partir del incremento en esta duración.

Por lo tanto, es plausible que precisamente la condición 0.5"-2.0" sea más difícil de aprender respecto a las demás ya que, a partir de ésta en adelante, es que la investigación con organismos no humanos ha encontrado regularidades. Además, tratando el tema de discriminación, hay investigación sobre aprendizaje perceptual auditivo que señala el hecho de que estímulos auditivos fáciles ayudaran a aprender subsecuentes señales auditivas más difíciles que las anteriores después de entrenamiento progresivo, el llamado efecto fácil a difícil (Liu, Mercado III, Church y Orduña, 2008); en este trabajo se sugiere, con base en la evidencia encontrada, que la duración 0.5"-2.0" es una duración difícil de discriminar y 1.0"-4.0" es un intervalo fácil de discriminar, sin embargo, esta facilidad en la tarea no refleja claramente que haga un efecto de facilitación para aprender subsecuentes aprendizajes, ya que la duración 0.5"-2.0" siempre se mantiene como una condición difícil de aprender, independientemente del orden de inicio de cada grupo. En sentido opuesto, en función de los resultados encontrados, se podría proponer un efecto llamado *difícil a fácil*, ya que es claro cómo tras estar en la duración 0.5"-2.0" (más difícil), el número de sesiones para alcanzar los criterios de discriminación se

mantiene constante (grupo 1) o disminuye (grupos 3 y 4) al momento de pasar a las siguientes condiciones 1.0"-4.0", 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0" (más fáciles). Más adelante se continúa la discusión sobre los resultados obtenidos con el uso de duraciones menores a 1.0".

Generalización

Los resultados encontrados muestran el cumplimiento o satisfacción de algunos de los puntos propuestos por Church (2002b), Gibbon (1977) y Gibbon, Church y Meck (1984), para el análisis de las regularidades empíricas que subyacen a una tarea de bisección temporal y al modelo de SET.

Como primer punto a comparar, está el apartado de simetría en donde los resultados de las curvas psicofísicas tanto para línea base como para la manipulación de magnitud de reforzamiento (en ambas manipulaciones 1 pellet-4 pellets y 4 pellets-1 pellet), mostraron una ojiva cuando se generaron las gráficas de unión de puntos y al ajustar éstas curvas psicofísicas de los cuatro pares de duraciones a una función sigmoidea de tres parámetros, se encontró un buen ajuste para las cuatro condiciones.

Es importante precisar los cambios ocurridos al comparar línea base versus manipulación de magnitud de reforzamiento. Para las cuatro condiciones con manipulación 1 pellet-4 pellets al contrastarlas con su línea base, se encontró un desplazamiento de las curvas hacia arriba y por lo tanto un incremento significativo en los índices de discriminación (únicamente la condición 1.0"-4.0" no tuvo efectos significativos), lo que sugiere que los sujetos fueron sensibles a la manipulación de magnitud de reforzamiento al contar con mayor proporción de respuestas para la señal larga cuando se presentaron todas las duraciones, ya que las duraciones largas (2.0", 4.0", 8.0" y 12.0") eran las duraciones asociadas a 4 pellets de reforzamiento. Es decir, en esta manipulación los organismos catalogaron más los estímulos como si fueran largos

De esta forma, en la manipulación 4 pellets-1 pellet, se encontró el efecto opuesto, ya que la proporción de respuestas para la duración larga tuvo una disminución significativa respecto a la línea base para las cuatro condiciones, lo que sugiere que, en esta manipulación de magnitud de reforzamiento, los estímulos se discriminaron en la mayor parte de los ensayos

como cortos, debido a que los intervalos temporales cortos (0.5", 1.0", 2.0" y 3.0") estaban asociados a la manipulación con 4 pellets de reforzamiento.

Ward y Odum, 2005; Ward y Odum, 2006; Ward y Odum, 2007; y McClure, Saulsgiver y Wynne, 2009, encuentran aplanamientos en sus funciones psicofísicas después de la aplicación de dosis de cloruro de litio, al pre alimentar, al dar comida entre los componentes y al agregar sesiones de extinción; o desplazamientos hacia la derecha en las curvas psicofísicas (Ward y Odum, 2006; y Ward y Odum, 2007), ejerciendo estas manipulaciones como alteradores, sin embargo, el contraste aquí con la manipulación de magnitud de reforzamiento, es que no se encuentran los mismos cambios en las funciones psicofísicas porque en el presente trabajo las funciones se elevan o se colocan por debajo de la línea base y no precisamente se aplanan. De acuerdo a Galtress y Kirkpatrick (2010) los resultados son similares, pero no por completo debido a que en este trabajo hay diferencias significativas en casi todas las funciones psicofísicas tras la manipulación de magnitud de reforzamiento (sólo no hay en la condición 1.0"-4.0" en 1 pellet-4 pellets) y Galtress y Kirkpatrick (2010) no encuentran diferencias significativas referentes a la manipulación principal de magnitud de reforzamiento con su par de duración 2.0"-8.0".

En ese sentido, Roberts (1981) y Galtress y Kirkpatrick (2009) en procedimientos de pico encuentran que al pre alimentar o aplicar dosis de cloruro de litio, los tiempos pico cambian hacia la derecha, lo que sugiere que al igual que ocurre en las manipulaciones en procedimientos de bisección, se afecta el control temporal del comportamiento tras disminuir el valor del reforzador en la tarea, sin embargo, en este trabajo se altera el control temporal del comportamiento, pero de forma distinta tanto si se otorgan más reforzadores a la duración corta como a la duración larga (en ambas partes se está aumentando el valor del reforzador en la tarea, por ello debería encontrarse el efecto opuesto al disminuir el valor del reforzador), ya que ambas manipulaciones implican de acuerdo a SET cambios de las curvas psicofísicas hacia la izquierda, sin embargo, el desplazamiento se da hacia izquierda y derecha dependiendo del caso. Es decir, Galtress y Kirkpatrick (2010) sugieren que, de acuerdo a SET, si se disminuye el valor del reforzamiento, los tiempos pico y/o las funciones psicofísicas se desplazarían hacia la derecha debido a la activación más lenta del reloj hipotético y, por el contrario, si se aumenta el valor del reforzador, los tiempos pico y/o las funciones psicofísicas se desplazarían hacia la izquierda, debido a un incremento en la activación del proceso de reloj; y lo que se encuentra en este trabajo no es un cambio para ambas manipulaciones ($1p-4p$ y $4p-1p$) hacia la izquierda

de las funciones psicofísicas, sino que para la condición $1p-4p$, las funciones se desplazan hacia arriba y en la condición $4p-1p$, las funciones se desplazan hacia abajo, sugiriendo que la variable aquí utilizada, magnitud de reforzamiento, no produce cambios de acuerdo a procesos de reloj. En general, parece más plausible la creación de un sesgo en las respuestas de los organismos de acuerdo a que duración (tanto corta o larga), otorgaba mayor cantidad de reforzamiento.

Además, tampoco se puede sugerir que haya una pérdida de la discriminación de estímulos como lo sugieren otros trabajos (Ward y Odum, 2005), ya que los ensayos de re-entrenamiento tras las sesiones de generalización, ayudaron a controlar ese tipo de detalles.

El segundo punto a revisar, es la regularidad asociada a que el punto de bisección recaerá en un valor que se encuentra cerca de la media geométrica, esto también se cumple, con algunas variaciones.

La tabla 8 muestra de forma específica que en la manipulación 1 pellet-1 pellet versus 1 pellet-4 pellets, los índices para línea base están cerca de 1.0", 2.0", 4.0" y 6.0" (medias geométricas para cada una de las condiciones) y también muestra que los índices de punto de bisección para la manipulación de magnitud de reforzamiento disminuyen significativamente en las cuatro condiciones, lo que señala un alejamiento en los índices de la regularidad asociada con la media geométrica bajo la manipulación de reforzamiento; también se encontraron cambios significativos entre condiciones, lo cual significa que los distintos índices para punto de bisección cambiaron entre sí.

La tabla 9 describe para la manipulación 1 pellet-1 pellet versus 4 pellets-1 pellet, los índices para línea base y señala que también estos índices se encuentran cerca de cada media geométrica inherente a cada condición, sólo existiendo una desviación mayor para el punto de bisección en la condición 3.0"-12.0" en su línea base (este índice es de 5.66" y la media geométrica es de 6.0"). La misma tabla muestra como estos índices aumentan significativamente bajo la manipulación de magnitud de reforzamiento para las cuatro condiciones y, además hay cambios significativos entre condiciones.

Lo anterior sugiere de nueva cuenta que la discriminación de intervalos temporales se altera cuando se manipula la magnitud de reforzamiento de una forma sistemática, a diferencia

de otros trabajos que no han encontrado específicamente diferencias significativas en los puntos de bisección en tareas similares (Galtress y Kirkpatrick, 2010).

El tercer punto analizado es el de la estimación temporal proporcional, la cual sugiere que el punto de bisección incrementa aproximadamente de forma lineal respecto a la media geométrica dependiendo de cada par de duración determinado (corto-largo). Esto se puede visualizar en la figura 8 donde se observa la tendencia del punto de bisección a cambiar de acuerdo a cada duración, mostrándose de este modo un crecimiento de tipo lineal. Cabe destacar que, aunque para línea base se cumple este requisito, en la parte experimental, también se encuentra este crecimiento de tipo lineal, lo que sugiere que, aunque magnitud de reforzamiento afecta la discriminación de intervalos temporales auditivos, esta manipulación no genera efectos que puedan alterar tanto curvas psicofísicas como el crecimiento de tipo lineal inherente a puntos de bisección, aun tomando en consideración la diferencia significativa entre puntos de bisección para línea base y para manipulación de magnitud de reforzamiento. Es decir, tanto para líneas base como para manipulación de magnitud, el parámetro de punto de bisección crece aproximadamente de forma lineal, no obstante, en una manipulación disminuye ($1p - 4p$) y en la otra aumenta ($4p - 1p$), sugiriendo que el punto de igualdad subjetiva, cambia dependiendo de que duración (corta o larga) otorgue mayor cantidad de reforzamiento.

La regularidad número cuatro que subyace a una tarea de bisección temporal de acuerdo al análisis propuesto por Church (200b), es la concerniente a la variabilidad escalar, la cual sustenta que la desviación estándar del punto de bisección incrementa aproximadamente de forma lineal de acuerdo a la duración de los estímulos. La figura 11 de los resultados representa las desviaciones estándar para cada condición y para los dos tipos de manipulaciones en el panel izquierdo se ve una estabilidad en las condiciones 0.5"-2.0" y 1.0"-4.0" y una tendencia a incrementar a partir de las condiciones 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0", tanto para misma como para distinta magnitud, con mayor variabilidad para las desviaciones de distinta magnitud de reforzamiento. En el panel derecho se encontró que, para ambos tipos de reforzamiento, las desviaciones estándar muestran un crecimiento de tipo lineal, con menor variabilidad para los datos de misma magnitud, ya que las desviaciones estándar para distinta magnitud de reforzamiento alcanzan valores de 1.0 para la condición de 3.0"-12.0". Se sugiere que los cambios en magnitud de reforzamiento generan mayor variabilidad en la discriminación de intervalos temporales respecto a las desviaciones estándar, del mismo modo que se alteran las funciones psicofísicas y los puntos de bisección.

Por lo tanto, para las dos manipulaciones en misma magnitud se ve un orden ascendente similar de las desviaciones estándar, no tan claro como en los puntos de bisección, pero si se encuentra un incremento sistemático, por ello se sugiere el cumplimiento de este apartado referente al crecimiento de las desviaciones estándar tanto para líneas base como para la manipulación de magnitud de reforzamiento. Se sugiere que la manipulación de magnitud de reforzamiento altera las discriminaciones temporales, pero no lo suficiente como para alterar por completo el control temporal del comportamiento o para que haya una pérdida del control de los estímulos.

El siguiente punto a analizar es el relativo a Ley de Weber, el cual señala que el coeficiente de variación resulta ser aproximadamente constante ($CV = \text{Desv. Est.} / \text{Media}$, respecto a punto de bisección). La figura 9 en ambos paneles ilustra este apartado, en ella se observa como el CV obtenido para cada condición, se mantiene constante en la línea base, pero para las dos manipulaciones de magnitud de reforzamiento, se observa una ligera mayor variabilidad en los coeficientes, con valores oscilando entre 0.0 y 0.2; señalando otra alteración más atribuida a la entrega de 4 pellets de reforzamiento sobre procesos de discriminación temporal.

En este mismo punto se encontró, para el parámetro psicofísico Fracción de Weber ($FW = \text{Limen} / \text{PB}$) el cual también debe permanecer constante, visualizado en la figura 10, que para la condición *1 pellet-1 pellet versus 1 pellet-4 pellets* para misma magnitud, los índices se mantienen constantes, mostrando mayor variación en la condición *0.5"-2.0"*, señalando aquí el cambio significativo encontrado a través de las condiciones y, también un alejamiento o cambio en los índices para manipulación de magnitud, respecto a la línea base, siendo éste también, un aumento significativo. En la manipulación *1 pellet-1 pellet versus 4 pellets-1 pellet* se observa tanto para misma como para distinta magnitud una constancia en los parámetros de Fracción de Weber, habiendo sólo un cambio significativo por condición, pero no un cambio principal susceptible de ser atribuido a la manipulación de magnitud de reforzamiento. De esta forma, para misma magnitud se cumple con ciertas reservas el punto relacionado a Fracción de Weber, ya que en *0.5"-2.0"* se observa que cambia este parámetro; y se identifica también, como bajo la manipulación de reforzamiento los índices cambian en la manipulación *1 pellet-4 pellets* y no en la manipulación *4 pellets-1 pellet*, sugiriendo otro parámetro psicofísico alterado debido a la manipulación de magnitud de reforzamiento. Es necesario destacar que este parámetro es muy importante ya que modelos matemáticos como SET, se basan en éste, para dar cuenta de

sus respectivas regularidades, por ello es necesario recalcar que la regularidad que propone este parámetro no se cumple bajo el uso de duraciones de 0.5"-2.0", aunado a lo anterior, trabajos como los realizados por Grondin (2014), subrayan con el apoyo de un conjunto de experimentos con humanos que Fracción de Weber no se cumple en rangos que van de 1.0" a 1.9", ya que los índices de Fracción de Weber obtenidos para el valor de 1" son distintos a los obtenidos para 1.9" y, la naturaleza de este parámetro señala que éste tendría que permanecer constante; los resultados exponen que estas duraciones no son susceptibles de ser integradas con facilidad al modelo de SET, ya que, además, otras investigaciones han manifestado la no satisfacción de los postulados del modelo en intervalos temporales pequeños, menores a 15.0" en procedimientos de pico (Morales, 2014). No obstante, a pesar de la evidencia encontrada respecto a que Fracción no se cumple en el rango de 0.5"-2.0", Gibbon (1977) señala el hecho de que las regularidades en este parámetro con organismos no humanos surgen a partir de investigaciones que hacen uso de duraciones mayores a 1.0", es decir, el autor delimitó la aplicabilidad de su modelo señalando bajo qué condiciones se cumple o no; como bien lo señala la literatura que evalúa modelos matemáticos (Church, 1997).

Los resultados encontrados en la figura 12 para limen señalan para ambas líneas base un crecimiento lineal, de acuerdo a los resultados esperados para este parámetro, sin embargo, es justamente en la condición 0.5"-2.0", donde la linealidad del parámetro no se observa del todo claro; por otro lado, para ambas condiciones de manipulación de magnitud de reforzamiento se ve un incremento en este parámetro, lo que sugiere que, en las manipulaciones de magnitud de reforzamiento, se amplía el criterio mínimo para poder discriminar intervalos temporales; lo anterior sustentado en cambios significativos para la condición *1 pellet-1 pellet versus 1 pellet-4 pellets* pero no en la condición restante.

El último punto de análisis de acuerdo a Church (2002b) es el que señala la superposición de las funciones psicofísicas, la figura 13 muestra en las 4 gráficas las agrupaciones de acuerdo a misma magnitud o distinta magnitud. La gráfica superior izquierda (1 pellet-1 pellet) muestra buena superposición para las condiciones 2.0"-8.0" y 3.0"-12.0" pero cambios significativos, en específico mayor variabilidad para las condiciones 0.5"-2.0" y 1.0"-4.0", lo cual sugiere una mayor variabilidad en la discriminación de intervalos cortos, respecto a discriminaciones con intervalos temporales largos; para ese mismo grupo de sujetos, el panel inferior izquierdo (1 pellet-4 pellets) muestra también tanto mayor variabilidad para las duraciones cortas, como diferencias significativas entre las curvas; por lo tanto se sugiere de la

misma forma que eventos temporales de corta duración generan mayor variabilidad; además, se puede destacar que en esta manipulación de magnitud de reforzamiento las curvas psicofísicas muestran una tendencia a tener índices más altos respecto a la línea base.

El panel superior derecho para la manipulación de misma magnitud (1 pellet-1 pellet), no exhibe una variabilidad alta y no muestra diferencias significativas, únicamente para la curva psicofísica de la condición 0.5"-2.0", se puede observar un alejamiento del resto de las curvas. En la misma parte derecha de la figura 12, en el panel inferior referente a la manipulación de distinta magnitud de reforzamiento, no hubo diferencias significativas y de igual forma, se presentó una mayor variabilidad para la condición 0.5"-2.0".

A partir de lo anterior se puede concluir que la superposición se alcanza con ciertas restricciones, dado que en el análisis de este trabajo no se superponen funciones sino curvas psicofísicas, así como también que no se transformaron los datos a unidades logarítmicas ni a algún otro tipo de conversión, porque se sabe que tras realizar ese tipo de ajustes o conversiones las superposiciones por lo general son mejores. La mayor variabilidad para las duraciones cortas en las curvas psicofísicas al superponerlas, es un resultado que se enlaza con los encontrados en la parte de adquisición, ya que el par de duración más corta es la que precisamente genera mayor variación respecto a las demás duraciones; probablemente sin el uso de este par de duración, no se habrían encontrado diferencias significativas en las curvas psicofísicas en las que se encontró.

Un curso de acción alternativo a este trabajo sería analizar latencias de respuesta y tasas de respuesta, para conocer a mayor profundidad el rendimiento de los organismos bajo manipulaciones de magnitud de reforzamiento, ya que de acuerdo a los resultados de Ludvig, Conover y Shizgal (2007) y Ludvig, Balci y Spetch (2011), los índices de discriminación no cambian, lo que sugiere que magnitud de reforzamiento y control temporal del comportamiento no se relacionan de forma directa; sin embargo los resultados de este trabajo contrastan con los resultados de estos investigadores, ya que aquí si se encuentran diferencias tras manipular magnitud de reforzamiento; por ello la propuesta de analizar en posteriores trabajos latencias y tasas de respuesta para una contrastación de resultados con otro tipo de mediciones conductuales; además, se podría realizar un análisis desde la perspectiva de *Teoría de detección de señales*, en donde pudiéramos comparar el número de aciertos (hits) y el número de falsas alarmas dependiendo de la contingencia de reforzamiento en la que se encuentren los

organismos. Esperando que los criterios de decisión cambien de acuerdo al intervalo temporal que otorgue menor o mayor cantidad de reforzamiento. Realizar este tipo de análisis enriquecería las teorías inherentes al control temporal del comportamiento, generando una integración de teorías.

Conclusión

Los resultados de este trabajo sugieren que los organismos son sensibles a las contingencias de reforzamiento, es decir, que magnitud de reforzamiento tiene un efecto sobre la discriminación de intervalos temporales y, en consecuencia, aprendizaje temporal y variables motivacionales, no son independientes; también se sugiere que duraciones menores a 1.0" son más difíciles de discriminar, visualizado en el número de sesiones que lleva alcanzar los criterios de aprendizaje y en los análisis psicofísicos realizados y, que la variación de probabilidades de reforzamiento, mantiene y mejora el rendimiento en tareas de aprendizaje temporal.

Es de suma importancia procesar información temporal en una amplia gama de duraciones y no únicamente con un reducido rango de intervalos, por ello son importantes los resultados aquí encontrados, debido a que se muestran algunos límites del aprendizaje temporal, en ese sentido, el objetivo no es rechazar ninguna teoría, sino al contrario, enriquecer las teorías existentes procurando entender los fenómenos de estudio bajo distintas condiciones.

Bajo la manipulación de magnitud de reforzamiento, los organismos muestran ciertas regularidades, las curvas psicofísicas se mueven hacia algún lado en específico dependiendo de la manipulación, es decir, no se encuentran cambios que alteren sin orden las discriminaciones temporales. En general, los resultados sugieren que los organismos son sensibles a la variable de magnitud de reforzamiento y, por lo tanto, cambian sus elecciones al momento de decidir si una duración es corta o larga dependiendo de las consecuencias específicas en las que se encuentran.

Referencias

- Baum, W. M. (2010). Dynamics of Choice: A Tutorial. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 94(2), 161–174. doi: 10.1901/jeab.2010.94-161
- Baum, W. M., & Rachlin, H. C. (1969). Choice as time allocation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12(6), 861–874. doi: 10.1901/jeab.1969.12-861
- Catania, A. C. (1970). Reinforcement schedules and psychophysical judgments: A study of some temporal properties of behavior. En W. N. Schoenfeld (Ed.), *The theory of reinforcement schedules* (pp. 1-42). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Church, R. M. (1997). Quantitative models of animal learning and cognition. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 23(4), 379-389. doi: 0097-7403.23.4.379
- Church, R. M. (2002). A tribute to John Gibbon. *Behavioural processes*, 57(2), 261-274. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376635702000189>
- Church, R. M. (2002). Temporal learning. En H. Pashler & R. Gallistel (Eds.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology, Third Edition: Volume 3, Learning, Motivation, and Emotion* (pp. 365-393). New York: Wiley.
- Church, R. M., & Deluty, M. Z. (1977). Bisection of temporal intervals. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 3(3) 216-228. doi: 10.1037/0097 7403.3.3.216
- Dayan, E., Averbeck, B. B., Richmond, B. J., & Cohen, L. G. (2014). Stochastic reinforcement benefits skill acquisition. *Learning & Memory*, 21(3), 140-142. doi: 10.1101/lm.032417.113
- Fetterman, J. (2006). Time and Number: Learning, Psychophysics, Stimulus Control, and Retention. En E. Wasserman, & T. Zentall (Eds). *Comparative cognition: Experimental explorations of animal intelligence* (pp. 285-304). New York: Oxford University Press.
- Galtress, T., & Kirkpatrick, K. (2009). Reward value effects on timing in the peak procedure. *Learning and Motivation*, 40(2), 109–131. doi: 10.1016/j.lmot.2008.05.004
- Galtress, T., & Kirkpatrick, K. (2010). Reward magnitude effects on temporal discrimination. *Learning and Motivation*, 41(2), 108–124. doi: 10.1016/j.lmot.2010.01.002
- García, A; Benjumea, S; Gómez, J. (2008). Contextual control of conditional discrimination of the own behavior in pigeons. *International Journal of Psychological Research*, 1(1) 13-19. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=299023503003>

- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, 84(3), 279-325. doi: 10.1037/0033-295X.84.3.279
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. En J. Gibbon y L. Allan (Eds.), *Timing and time perception* (pp. 52-77). New York: New York Academy of Sciences
- Gibbon, J., Farrell, L., Locurto, C. M., Duncan, H. J., & Terrace, H. S. (1980). Partial reinforcement in autoshaping with pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 8(1), 45-59. doi: 10.3758/BF03209729
- Goldstein, E. B. (1999). *Sensación y percepción*. México: International Thomson.
- Gottlieb, D. A. (2004). Acquisition with partial and continuous reinforcement in pigeon autoshaping. *Animal Learning & Behavior*, 32(3), 321-334. doi: 10.3758/BF03196031
- Grondin, S. (2014). About the (non)scalar property for time perception. En H. Merchant & V. de Lafuente (Eds.), *Neurobiology of Interval Timing, Advances in Experimental Medicine and Biology Volumen 829* (pp. 17-32). New York: Springer Science.
- Gruart, A., Delgado, J., Escobar, C. y Aguilar, R. (2002). *Los Relojes que gobiernan la vida*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Killeen, P. R. (2001). The four causes of behavior. *Current Directions in Psychological Science*, 10(4), 136-140. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2600470/>
- Lejeune, H., Richelle, M., & Wearden, J. H. (2006). About Skinner And Time: Behavior-Analytic Contributions To Research On Animal Timing. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 85(1), 125-142. doi: 10.1901/jeab.2006.85.04
- Liu, E. H., Mercado III, E., Church, B. A., & Orduña, I. (2008). The easy-to-hard effect in human (*Homo sapiens*) and rat (*Rattus norvegicus*) auditory identification. *Journal of Comparative Psychology*, 122(2), 132-145. doi: 10.1037/0735-7036.122.2.132
- López, F. (2012). Aprendizaje y control temporal: Adquisición y transferencia. En P. Guilardi, M. Menez & F. López (Eds.), *Tendencias en el estudio contemporáneo de la estimación temporal*. México: UNAM.
- Ludvig, E. A., Balci, F., & Spetch, M. L. (2011). Reward magnitude and timing in pigeons. *Behavioural processes*, 86(3), 359-363. doi: 10.1016/j.beproc.2011.01.003
- Ludvig, E. A., Conover, K., & Shizgal, P. (2007). The effects of reinforcer magnitude on timing in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 87(2), 201-218. doi: 10.1901/jeab.2007.38-06

- Marshall, A. T., & Kirkpatrick, K. (2015). Everywhere and everything: The power and ubiquity of time. *International Journal of Comparative Psychology*, 28(1). Recuperado de <http://escholarship.org/uc/item/8hg831n3>
- McClure, E. A., Saulsgiver, K. A., & Wynne, C. D. (2009). Manipulating pre-feed, density of reinforcement, and extinction produces disruption in the location variation of a temporal discrimination task in pigeons. *Behavioural Processes*, 82(1), 85–89. doi: 10.1016/j.beproc.2009.03.009
- Meck, W. H. (1996). Neuropharmacology of timing and time perception. *Cognitive brain research*, 3(3), 227-242.
- Morales, R. F. (2014). *Los límites del control temporal* (Tesis de Licenciatura). Recuperada de Dirección General de Bibliotecas, TESIUNAM. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Roberts, S. (1981). Isolation of an internal clock. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7(3), 242-268. doi: 10.1037/0097-7403.7.3.242
- Roberts, W. A. (1998). *Principles of animal cognition*. Boston: McGraw-Hill.
- Sánchez, R. R. & Zamora, A. O. (2013). Representación Temporal en la Memoria de Trabajo: Rastreado el Tiempo en una Tarea de N-Back. En J. Irigoyen, F. Cabrera, M. Yerith, H. Martínez & K. Acuña (Eds.), *Estudios sobre comportamiento y aplicaciones Volumen III* (pp. 67-92). Sonora: Universidad de Sonora.
- Segura, A., & Bouzas, A. (2015). Estructura del entorno social, adaptabilidad y dinámica. En F. Cabrera, O. Zamora, H. Martínez, P. Covarrubias & V. Orduña (Eds.), *Estudios sobre comportamiento y aplicaciones Volumen IV* (pp. 61-97). México: UNAM – Universidad de Guadalajara.
- Shettleworth, S. J. (2010). *Cognition, evolution, and behavior*. Oxford University Press.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: An experimental analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Staddon, J. & Ettinger R. (1989). *Learning. An introduction to the Principles of Adaptive Behavior*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich Inc.
- Ward, R. D., & Odum, A. L. (2005). Effects of morphine on temporal discrimination and color matching: General disruption of stimulus control or selective effects on timing? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 84(3), 401–415. doi: 10.1901/jeab.2005.94-04

- Ward, R. D., & Odum, A. L. (2006). Effects of prefeeding, intercomponent-interval food, and extinction on temporal discrimination and pacemaker rate. *Behavioural Processes*, 71(2-3), 297–306. doi: 10.1016/j.beproc.2005.11.016
- Ward, R. D., & Odum, A. L. (2007). Disruption of temporal discrimination and the choose-short effect. *Learning & Behavior*, 35(1), 60–70. doi: 10.3758/BF03196075
- Wearden, J. H. (2008). The perception of time: basic research and some potential links to the study of language. *Language Learning*, 58(1), 149-171. doi: 10.1111/j.1467-9922.2008.00468.x
- Zamora, A. O., & Pérez, C. M. (2015). Reforzamiento y estimación temporal: Mecanismos motivacionales y temporales de la discriminación. En F. Cabrera, O. Zamora, H. Martínez, P. Covarrubias & V. Orduña (Eds.), *Estudios sobre comportamiento y aplicaciones Volumen IV* (pp. 61-97). México: UNAM - Universidad de Guadalajara.