



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN PSICOLOGÍA**  
**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**  
**ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO**

**EL EFECTO DE LAS OPCIONES DE RESPUESTA SOBRE LA VARIABILIDAD OPERANTE EN RATAS**

**Tesis**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
DOCTORA EN PSICOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**BRISSA CECILIA GUTIÉRREZ ORTEGÓN**

**TUTOR PRINCIPAL**

**DR. ROGELIO ESCOBAR HERNÁNDEZ**  
**FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM**

**COMITÉ TUTOR**

**DR. RAÚL ÁVILA SANTIBÁÑEZ**  
**FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM**  
**DR. ALLEN J. NEURINGER**  
**REED COLLEGE**  
**DR. FELIPE CABRERA GONZÁLEZ**  
**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**DR. ÓSCAR VLADIMIR ORDUÑA TRUJILLO**  
**FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX, AGOSTO 2023**



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.

Para Rodrigo  
To bodily go.....together

At the scientific level, this view leads to experimental  
analysis of consequence-influenced variability.

At the philosophical level, it leads to explanations of  
voluntary action.

At the personal level, it can lead to change.

A. Neuringer, 2009

## **Agradecimientos**

Cada una de las personas y seres mencionados a continuación fueron parte vital ya sea académico y/o emocional durante el proceso de este trabajo. Les agradezco porque sin ustedes ni el trabajo ni yo sería la misma. Cada uno y cada una son parte fundamental de la variabilidad en mi vida. Espero de la misma forma aportar, aunque sea un poco, a su propia variación conductual.

Gracias Rod, aunque sé que no hay palabras suficientes para agradecerte todo tu apoyo, trabajo y acompañamiento antes y durante este trabajo. Gracias por todas las horas de discusión, de escucha, de preguntas y reflexiones sobre la variabilidad, las posibilidades.... sobre la vida misma. Gracias por la paciencia, las revisiones, las desveladas, los paneles impresos, los abrazos, las alegrías y lágrimas que implicó esta tesis. Gracias por ser mi equipo, ser mi mayor fuente de variación y mi más grande motivación. La vida no sería tan variable sin ti a mi lado.

Gracias mamá por seguir apoyándome en cada una de mis decisiones. Por ser la semilla y cultivadora de la persona que soy ahora. Por permitirme soñar e impulsarme a alcanzar todas mis metas e ilusiones (aunque a veces no estes de acuerdo). Gracias por inspirarme, ser una mujer fuerte y ser la mejor mamá. Gracias Bernita por todo su apoyo y por ser el mejor papá que la vida me dio. Por todas las cajas de madera, y el trabajo que ha hecho por y con nosotras todos estos años. Por ser el apoyo de mi mamá. Por querernos y seguir aquí.

Gracias Coral por todo el apoyo que nos ha brindado, por acogerme, cuidarme y protegerme como una hija. Soy muy afortunada de que coincidamos en esta vida. Espero algún día poder retribuirle un poco de todo lo que nos ha dado.

Gracias mamá Celsa, tío Rubén y Lluvia por todas las porras a lo largo de este trabajo y la comprensión por la distancia y el tiempo ocupado. Siempre los llevo conmigo.

Gracias Rogelio por todo el apoyo y conocimiento tan variado compartido en todos estos años. Desde como soldar hasta como escribir una tesis. Por confiar en mí, enseñarme y brindarme un espacio para descubrir mi pasión por la investigación. Por ser el mejor tutor que pude tener, por siempre inspirarme y ser mi modelo como docente y como analista conductual. Creo que nunca dejaré de aprender de ti.

Gracias Dr. Raúl Ávila por toda la confianza y apoyo. Por ser una inspiración para siempre buscar aprender más, nunca ser conformista y siempre preguntarme el porqué de todo. Gracias por el conocimiento y cuestionamientos compartidos.

Gracias Dr. Allen Neuringer, por cumplir mi más grande sueño académico: poder compartir conocimiento y experiencia con usted. Lo admiro y respeto mucho. Gracias por toda la paciencia, consejos y reflexiones. Gracias a usted y su trabajo conocí y me enamoré de este tema que ahora se ha convertido en la pregunta de mi vida: entender la variabilidad conductual. No se preocupe, no olvidaré variar mi conducta.

Gracias Dr. Felipe Cabrera y Dr. Vladimir Orduña por ser parte de mi comité. Por siempre tener la disposición y el tiempo para leerme, cuestionarme y estar pendiente de los trámites. Gracias especiales al Dr. Vladimir por todas las cajas de pellets prestadas en momentos de crisis, sin las cuales la historia de esta tesis fuera diferente.

Gracias infinitas a cada uno de mis gordos, mi ratas BGs, que fueron parte de los experimentos realizados. Sin ustedes la realización de este trabajo hubiera sido imposible. Gracias por enseñarme la responsabilidad y el compromiso no solo por la investigación sino también por su bienestar en todos los niveles. La investigación debe hacerse con responsabilidad para con nuestros sujetos. Por ustedes seguiré buscando formas de mejorar las técnicas de investigación.

Gracias niñas, Yaz, Vian, Pao y Clau, por seguir siendo mi lugar seguro para reír, llorar, cuestionar(me), construir y deconstruir. Por seguir siendo mi soporte emocional de la vida y a lo largo de este segundo proceso llamado tesis. Por seguir aquí y ser mujeres empoderadas. Por seguir creciendo y descubriendo juntas lo que significa ser adultas (o al menos intentándolo). De cada una siempre aprendo algo único y especial. Gracias Paty por todos los cafecitos y las reflexiones de vida. Eres uno de los regalos más preciados del laboratorio. Gracias por seguir siendo parte de mi vida, por todos los mensajitos, salidas, porras y compañía.

Gracias CONACyT por la beca otorgada al CV1004013 sin la cual la realización de este trabajo hubiera sido muy complicado. Gracias UNAM y a la Facultad de Psicología por ser mi casa de estudios durante tantos años. En particular gracias al conjunto de personas que hacen posible a la Universidad y a la Facultad. Gracias Mari y Liz por abrirme un espacio en la coordinación para practicar y descubrir mi pasión por la docencia y gracias al bioterio y al CICUAL en particular a Luci y a Eli por todo el trabajo, apoyo y cuidado de mis gordos.

## Índice

<b>1. Resumen</b> .....	8
<b>2. Sección I: Variabilidad ¿operante? Revisión teórica</b> .....	9
2.1 Variabilidad conductual .....	9
2.2 La variabilidad como operante .....	13
2.3 Explicaciones de la variabilidad operante .....	17
2.3.1 Hipótesis del proceso basado en la memoria .....	18
2.3.2 Hipótesis del generador estocástico endógeno .....	20
2.4 Críticas sobre explicar la variabilidad como una operante .....	23
<b>3. Sección II: Trabajo de investigación.</b> .....	30
3.1 El problema del término aleatorización .....	31
3.2 Incongruencias entre humanos y no humanos.....	33
3.3 La controversia sobre las opciones posibles.....	37
<b>4. Experimento 1</b> .....	41
4.1 Método.....	45
4.1.1 Sujetos .....	45
4.1.2 Aparatos .....	45
4.1.3 Procedimiento .....	46
4.1.4 Preentrenamiento y entrenamiento.....	46
4.1.5 Fase Experimental .....	47
4.2 Resultados .....	49
4.3 Discusión .....	69
<b>5. Experimento 2</b> .....	74

	7
5.1 Método.....	76
5.1.1 Sujetos .....	76
5.1.2 Aparatos .....	76
5.1.3 Procedimiento .....	76
5.1.5 Fase Experimental .....	77
5.2 Resultados .....	78
5.3 Discusión .....	96
<b>6. Experimento 3.....</b>	<b>101</b>
6.1 Método.....	102
6.1.1 Sujetos .....	102
6.1.2 Aparatos .....	103
6.1.3 Procedimiento .....	103
6.2 Resultados .....	104
6.3 Discusión.....	121
<b>7. Discusión General.....</b>	<b>124</b>
7.1 Efectos del número de posibles secuencias .....	126
7.2 Tres variables interrelacionadas: respuestas + operandos = opciones posibles ...	131
7.3 Medidas de la variabilidad .....	135
7.4 Múltiples opciones inducen variabilidad en la conducta.....	137
7.5 Las múltiples posibilidades del medio ambiente generan lo impredecible.....	139
<b>8. Referencias.....</b>	<b>142</b>

## Resumen

El propósito del presente trabajo fue comparar el efecto de múltiples contra pocas opciones para responder sobre el nivel de variabilidad operante en ratas. En el Experimento 1 se manipuló el número de opciones para responder, 2 y 4 palancas en un diseño ABA y se comparó el nivel de variabilidad en un Grupo Variable, en el cual se reforzó la variabilidad con un Lag 1, 5 y 10, con un Grupo Acoplado. Los resultados mostraron una diferencia en el nivel de variabilidad entre grupos, pero no se observó una diferencia entre las condiciones. En el Experimento 2 se controló el número de operandos, un grupo con 2 palancas y otro con 4 y se manipuló el número de respuestas por ensayo (4 u 8). Los resultados mostraron diferencia entre grupos y entre condiciones. En el Experimento 3 se tuvo dos grupos, un grupo expuesto a 2 y otro a 4 palancas expuestos a dos condiciones una con 16 y otras con 256 secuencias posibles. En los resultados se observó una diferencia entre grupos, un nivel de variabilidad más alto en el grupo de 2 palancas en ambas condiciones con medidas como el valor de U, pero con medidas relativas al número de ensayos se encontró el efecto contrario. Se discutió la importancia de las medidas que se utilicen para analizar la variabilidad y sus implicaciones, así como las implicaciones de permitir múltiples opciones de respuestas.

*Palabras clave:* variabilidad operante, entropía, secuencias posibles, valor de U, ratas.

## Sección I: Variabilidad ¿operante? Revisión teórica

### Variabilidad conductual

El análisis de la conducta es la ciencia que identifica relaciones ordenadas entre el medio ambiente y la conducta. Se enfoca en estudiar las consecuencias de la conducta más que en características particulares de cada respuesta. Debido a eso, los investigadores analizan los resultados a partir de conjuntos de respuestas que tienen una misma función (Neuringer & Jensen, 2012). El conjunto de respuestas que tienen una misma función se conoce como clase de respuestas. Una clase de respuestas está definida por sus efectos medioambientales comunes y no por sus propiedades físicas o topográficas (Skinner, 1935). Por ejemplo, cuando una rata está dentro de una caja experimental, al presionar una palanca, se activa un interruptor que producirá la entrega de una bolita de comida. Este evento tendrá como consecuencia el incremento de la presión a la palanca. En este ejemplo, la presión a la palanca pudo ocurrir con diferentes topografías, pero mientras todas esas conductas tengan la misma consecuencia, todas estarán dentro de una misma clase de respuestas debido a que cumplen la misma función (Catania, 2017, Skinner, 1935).

Skinner (1950) propuso llamar operante a la clase de respuestas porque hace evidente que la conducta opera sobre el medio ambiente para producir las consecuencias. Las consecuencias a su vez definen las propiedades respecto a las cuales las respuestas serán similares (Skinner, 1953). Sin embargo, una operante no es algo que ocurre plenamente desarrollada en la conducta del organismo, sino que es el resultado de un proceso formativo continuo que depende de la variabilidad de la conducta y del reforzamiento diferencial de algunas respuestas (Catania, 2017). Por esa razón, el estudio de la variabilidad de la conducta ha sido importante en el análisis de la conducta debido a su relación con la selección de una operante.

La variabilidad de la conducta se ha definido como un continuo que implica dispersión e impredecibilidad. En un extremo del continuo se encuentra la total estereotipia y en la otra estocasticidad. El termino estocástico se suele usar intercambiamente con el termino aleatorio e implica máxima impredecibilidad donde las alternativas se distribuyen uniformemente o son equiprobables y las predicciones de las respuestas o patrones conductuales no pueden ser mejores que el azar (Neuringer & Jensen, 2012; Neuringer, 2002, 2012). Existen varias fuentes de variabilidad de la conducta, por ejemplo, los procedimientos de extinción o en otras palabras interrumpir la entrega de reforzamiento, inducen variabilidad conductual (Antonitis, 1951; Lattal et al., 2013) o los programas de reforzamiento intermitente también pueden inducir la (Ferraro & Branch, 1968; Herrnstein, 1961; Eckerman & Lason, 1969; Boren et al., 1978; Tremont, 1984; Santillán & Escobar, 2016). Sin embargo, un problema relacionado con la variabilidad inducida por extinción es que eventualmente las respuestas dejan de ocurrir, complicando el estudio de la variabilidad o sus posibles aplicaciones. Por ejemplo, cómo generar variaciones en la conducta suficientes para observar patrones novedosos en el organismo (Neuringer, 2002).

Neuringer (2002) ha propuesto que otra fuente de variabilidad es el reforzamiento directo y contingente a la propia variabilidad de la conducta. Diversos estudios han mostrado evidencia que sustenta que la variabilidad de la conducta puede controlarse e incrementarse por medio de contingencias de reforzamiento (Blough, 1966; Machado, 1989; Neuringer, 2002; Page & Neuringer, 1985; Pryor et al., 1969). El estudio del reforzamiento directo de la variabilidad tiene sus inicios en las investigaciones que tenían como propósito generar conductas nuevas, por lo que el reforzamiento se entregaba contingente a la ocurrencia de respuestas variables o que no hubieran ocurrido antes. En esos estudios se observó que el reforzamiento tenía el mismo efecto que con otras operantes, ocurría un incremento en la variabilidad de la respuesta y permitía la

generación de nuevas conductas (Blough, 1966; Maltzman, 1960; Shoenfeld et al., 1966; Pryor et al., 1969). Por ejemplo, Pryor et al. (1969) realizaron un experimento en el cual reforzaron directamente la ocurrencia de conductas novedosas o poco probables en marsopas como sujetos. Los autores reforzaban un patrón determinado de conductas en la marsopa por un número determinado de sesiones, pasado ese lapso dejaban de entregar reforzadores hasta que ocurriera un patrón de nado que no se hubiera observado previamente. El resultado del entrenamiento fue el incremento de la ocurrencia de conductas nuevas cada vez que entraban al lugar de entrenamiento, incluso conductas poco observadas previamente en la especie. A pesar de mostrar evidencia sobre el incremento y la ocurrencia de conductas nuevas y diferentes, el estudio fue cuestionado acerca de si este incremento se debía a la entrega contingente del reforzador o era variabilidad inducida por la extinción de la ocurrencia de patrones anteriores (Holt, 2012).

Blough (1966) realizó uno de los primeros experimentos, en condiciones de laboratorio, con el propósito de estudiar si se podía establecer la ocurrencia de respuestas aleatorias en el tiempo de forma similar a los sistemas físicos, por ejemplo, en la desintegración radioactiva. En su estudio uso palomas como sujetos debido a la topografía específica de responder en ráfagas de estos animales. Para esto, reforzó la ocurrencia del picoteo a una tecla si el tiempo entre los picotazos consecutivos o los TER, como los llamó, había ocurrido con menor frecuencia en el pasado. Este estudio fue el primero en implementar este tipo de programas. Los resultados mostraron que el reforzamiento de los TERs menos frecuentes generaba un comportamiento más variable de los picotazos distribuidos en el tiempo. Este estudio, fue uno de los primeros en mostrar que era posible reforzar la variabilidad de una respuesta hasta el punto de generar un patrón estocástico.

Schwartz (1980; 1981; 1982) realizó una serie de experimentos con el propósito de investigar sobre el grado en que podían variar las respuestas en una secuencia con palomas como sujetos. En su experimento reforzó la ocurrencia de una secuencia de 8 respuestas distribuidas en dos operandos con la finalidad de mover un cuadrado del extremo superior izquierdo al extremo inferior derecho de una matriz de luces de 5 x 5. Una vez que llegaba el cuadrado al extremo inferior derecho se entregaba el reforzador. Una respuesta en la tecla izquierda movía el cuadrado un lugar hacia la izquierda, una respuesta en la tecla derecha lo movía un lugar hacia abajo. El autor utilizó este tipo de tarea debido a que permitía 70 posibles secuencias que podían ocurrir para completar la tarea. En su primer experimento cualquier secuencia de 8 respuestas que ocurría terminaba en la entrega de un reforzador, pero solo podían ocurrir 4 respuestas por operando, si ocurría una quinta respuesta en alguno de los operandos, el ensayo terminaba en un tiempo fuera y se reiniciaba. Los resultados mostraron variación de las secuencias al inicio del experimento, pero conforme fueron avanzando las sesiones se fue estereotipando la ocurrencia de una secuencia en particular. El autor concluyó que, a pesar de existir diferentes secuencias para responder, era predominante la ocurrencia de una misma secuencia a lo largo de las sesiones. El autor realizó otro experimento en el cual implementó el requisito de que el reforzamiento solo sería entregado si la secuencia ocurrida era diferente a la secuencia inmediata anterior. Los resultados de este experimento mostraron un incremento del porcentaje de secuencias diferentes y de ensayos reforzados pero las diferencias no eran significativas en comparación con los resultados anteriores. La conclusión del autor fue que no es posible reforzar directamente la variabilidad de la conducta debido a que el reforzamiento tiende a estereotipar las respuestas.

Los resultados y conclusiones de los estudios de Schwartz (1980, 1981, 1982) fueron importantes debido a que desalentó la posibilidad de considerar la variabilidad de la conducta como una operante debido a que no era sensible al reforzamiento. Sin embargo, Page y Neuringer (1985) argumentaron que los resultados de Schwartz se podían deber a un detalle su procedimiento y no a la insensibilidad al reforzamiento. Los autores argumentaron que la restricción de responder solo 4 veces en cada operando limitó la ocurrencia de diferentes secuencias lo que resultaba en un bajo porcentaje de variación. Por esa razón, Page y Neuringer realizaron una serie de experimentos con el propósito de investigar si la variabilidad podía reforzarse directamente si se eliminaba la restricción de la respuesta impuesta por Schwartz.

### **La variabilidad como operante**

Page y Neuringer (1985) realizaron una serie de experimentos con el propósito de replicar y extender los resultados de Schwartz acerca de reforzar directamente la variabilidad de la conducta. Los autores realizaron un experimento con el propósito de investigar el nivel hasta el cual la conducta podía variar. En este experimento reforzaron la ocurrencia de una secuencia de 8 respuestas distribuidas en dos teclas sin ninguna restricción y utilizaron un criterio de Lag  $n$  como procedimiento para reforzar la variabilidad. El criterio de Lag  $n$  consiste en reforzar únicamente la secuencia de respuestas ocurrida si es diferente a  $n$  número de ensayos previos. Los autores comenzaron con un Lag 1 y lo incrementaron gradualmente en 5, 10, 15, 25 y llegaron hasta un lag 50. Los resultados de este estudio mostraron que el porcentaje de ensayos reforzados iba disminuyendo conforme el criterio de lag aumentaba, pero el porcentaje de secuencias diferentes incrementaba conforme el criterio aumentaba. El máximo porcentaje de respuestas diferentes fue con un criterio de Lag 25 ya que con un lag 50 el porcentaje de secuencias diferentes comenzaba a decrementar. Los autores concluyeron que ese decremento en

el porcentaje se podía deber a la baja frecuencia de reforzamiento asociada a ese valor de lag. En este estudio los autores propusieron por primera vez calcular el valor de la incertidumbre o U para analizar la variabilidad conductual. El valor de U es un continuo que va del 0 o total estereotipia y predicción, al 1 que es igual a una total aleatorización. Los autores mostraron una relación entre el criterio de Lag y el valor de U, entre más grande el criterio de lag, más alto y cercano a 1 era el valor de U. La conclusión de este experimento fue que era posible reforzar e incrementar la variabilidad de la conducta hasta el grado de que las respuestas se semejaran a un modelo aleatorio, pero que era importante mantener constante la frecuencia de reforzamiento. Este estudio fue el primero en el cual se estudió exhaustiva y sistemáticamente el reforzamiento directo de la variabilidad conductual y en el cual mostraron que era posible controlar e incrementarla con contingencias de reforzamiento. Adicionalmente, los autores realizaron un experimento con el propósito de establecer un entrenamiento en discriminación de estímulos de la variabilidad. Los autores utilizaron un programa múltiple con dos componentes de reforzamiento a una secuencia de 4 respuestas distribuidas en dos teclas. Los componentes se alternaron cada 10s. En un componente reforzaron la ocurrencia de la misma secuencia en presencia de una luz azul mientras que en el otro componente reforzaron la ocurrencia de una secuencia solo si cumplía con el requisito de variabilidad de Lag 5 en presencia de una luz roja. En una condición posterior, los autores invirtieron los colores de cada componente, el azul se presentó durante el componente de variabilidad y el rojo durante el componente de repetición. Los autores observaron una diferenciación de las respuestas entre ambos componentes aun cuando se invirtieron los colores. En el componente con requisito de variabilidad se observó un alto nivel de variabilidad, el valor de U era casi de 1, mientras que en el componente de repetición el valor de U era cercano a 0, por lo que había poca variabilidad. La conclusión de los

autores fue que es posible establecer control de estímulos de la variabilidad de la conducta. El control por consecuencias y por estímulos son dos de las características de una operante y por esa razón los autores concluyeron que la variabilidad conductual podía considerarse una dimensión operante de la conducta.

Los resultados del estudio de Page y Neuringer (1985) se han replicado y generalizado en diferentes estudios que han utilizado otros métodos y otras especies, por ejemplo, en el picoteo de teclas en pollos (Neuringer, 2002); en la presión de palancas en ratas (Van Hest et al., 1989); en el nado entre cuadrantes en peces (Roots, 2000); en el canto en pericos (Manabe et al., 1997) y en tareas de construcción con bloques, presión de teclas, dibujar o escribir oraciones en el caso de participantes humanos tanto niños como adultos (Goetz & Baer; 1973, Holman et al., 1977; Neuringer, 1986; Saldana & Neuringer, 1998; Stokes & Balsam, 2001). Además, diversos investigadores han estudiado su relación con otras variables como la frecuencia (Blough, 1966; Grunow & Neuringer, 2002; Neuringer, 1992) y magnitud del reforzamiento (Doughty et al., 2013), la demora del reforzador (Odum et al., 2006; Wagner & Neuringer, 2006), procesos relacionados con condicionamiento respondiente (Cherot et al., 1996) procedimientos de extinción (Doughty & Lattal., 2001; Galizio et al., 2018; Neuringer et al., 2001) y control de estímulos (Denney & Neuringer, 1998; Page & Neuringer, 1985). Todos los estudios realizados sobre el fenómeno han aportado evidencia a favor de que la variabilidad se puede incrementar con contingencias de reforzamiento y se comporta o se observan efectos similares que, con otras dimensiones operantes de la conducta, como la fuerza por lo tanto puede considerarse una operante (Neuringer, 2002).

En la investigación sobre variabilidad operante la definición de variabilidad está sujeta tanto al método que se está utiliza para reforzarla como a la variable que se utiliza para medirla.

Con los métodos se determina el criterio para determinar si una respuesta se considera variable y por lo tanto si será reforzada. Comúnmente en los procedimientos con animales no humanos los criterios de reforzamiento de la variabilidad están determinados por las secuencias que ocurren, ya sea por el número de secuencias diferentes o por las secuencias con menor frecuencia o probabilidad de ocurrencia, pero existen otro tipo de métodos para establecer los diferentes criterios de variabilidad. Algunos de los métodos más utilizados son el método de la respuesta novedosa el cual consiste en reforzar la ocurrencia de una respuesta, secuencia, conducta o patrón conductual nuevo o que no se haya observado antes, ya sea en una sesión o en toda una condición. (Goetz & Baer, 1973; Holman et al., 1977; Pryor et al., 1969). Los métodos basados en la recencia que consisten principalmente en reforzar la ocurrencia de una respuesta o secuencia solo si no ha ocurrido en un tiempo reciente, por ejemplo, el criterio de Lag (Machado, 1989; 1992; Page & Neuringer, 1985). Los métodos basados en la frecuencia que se caracterizan por reforzar la ocurrencia de una respuesta o secuencia de respuestas basados en la probabilidad de la frecuencia con que ocurra esa respuesta o secuencia (Blough, 1966; Denney & Neuringer, 1998; Machado, 1993). Procedimientos de reforzamiento diferencial de alternación contra repetición (Bryant & Church, 1974; Barba & Hunziker, 2002). Los métodos de retroalimentación estadística el cual se utiliza principalmente con participantes humanos debido a que consiste en mostrar al sujeto la comparación entre su desempeño con el de un generador aleatorio (Neuringer, 1986). A pesar de que la definición de la variabilidad cambia dependiendo del criterio utilizado, el incremento y control de la variabilidad de una respuesta o una secuencia de respuestas se ha demostrado utilizando todos los diferentes métodos mencionados.

La definición de variabilidad también puede depender de lo que está midiendo en cada uno de los procedimientos. Se puede observar alta variabilidad con una medida, pero eso no

significa que se observará lo mismo con otra medida diferente. Por esa razón en las investigaciones de variabilidad operante se utilizan diferentes medidas para analizar los datos obtenidos y determinar si hay variabilidad de las respuestas o secuencias. La medida más común que se ha implementado para medir la variabilidad es el valor de la incertidumbre o U (Page & Neuringer, 1985; Stokes, 1995). El valor de U mide la distribución de la frecuencia relativa o la probabilidad de un conjunto de respuestas. Otra medida común que se implementa es el cálculo del porcentaje de ensayos o la frecuencia que cumplen con el requisito de variación (e.g., Page & Neuringer, 1985). Otras medidas son el número de respuestas diferentes de ensayo en ensayo (Goetz & Baer, 1973; Schwartz, 1982); el porcentaje de alternaciones y permanencia en un operando (Machado, 1992); la probabilidad condicional de la respuesta (Machado, 1992, 1997); el análisis del modelo de cadena de Markov (Machado, 1992); y la distribución de respuestas de pruebas estadísticas (Neuringer, 2002).

La literatura sobre variabilidad operante han aportado evidencia a favor de que la variabilidad es una dimensión de la conducta que puede controlarse con contingencias de reforzamiento independientemente de la especie, respuesta, método o medidas (ver Neuringer, 2002).

### **Explicaciones de la variabilidad operante**

Neuringer (2002) ha considerado tres fuentes de variabilidad de la conducta derivados del paralelismo con el proceso evolutivo. La primera fuente es la variabilidad endógena, la cual ocurre sin influencias directas de fuentes externas. La segunda fuente de variabilidad son los eventos no contingentes, conocidos coloquialmente como casualidad, accidentes o suerte que también afectan a la conducta. La tercera fuente de variabilidad, y probablemente la más estudiada dentro del análisis de la conducta, es la extinción. La variabilidad inducida por

extinción es importante durante el moldeamiento ya que permite la adaptación a cambios en los requisitos para el reforzamiento y a su vez esas variaciones en la respuesta pueden convertirse en nuevas conductas objetivas de reforzamiento (Keller & Schoenfeld, 1950; Lattal et al., 2013).

Neuringer (2002) ha argumentado, basado en la evidencia acumulada de los estudios de variabilidad conductual, que la variabilidad puede ser una dimensión operante de la conducta, de la misma forma que la fuerza, duración, locación, topografía o la tasa de respuesta. Además, ha sugerido que el reforzamiento directo puede considerarse una cuarta fuente de variación. El mismo autor ha desarrollado algunas hipótesis que pueden explicar el proceso por el cual es posible que la variabilidad sea una operante y es susceptible del reforzamiento. La primera explicación se conoce como hipótesis del proceso basado en la memoria y la segunda es hipótesis del generador estocástico endógeno.

### ***Hipótesis del proceso basado en la memoria***

El término memoria es una forma de referirse a la influencia que tienen los eventos pasados separados en el tiempo en la ocurrencia de respuestas del presente. En los procedimientos basados en la recencia, por ejemplo, los criterios de Lag, se refuerza diferencialmente la ocurrencia de secuencias no repetidas en un periodo de tiempo reciente. De esta forma, una estrategia que los sujetos pueden utilizar es ciclar unas pocas respuestas o secuencias en particular cuando los criterios son relativamente permisivos, por ejemplo, un Lag 2. Con un criterio de Lag 2 la ocurrencia cíclica de 3 secuencias diferentes dará como resultado el reforzamiento 100% de las veces que ocurran. De acuerdo con los resultados de algunos estudios (Schoenfeld et al., 1966; Machado, 1993; Shimp, 1967) se puede interpretar que los sujetos, tanto animales no humanos como humanos, suelen hacer uso de esa estrategia con la cual la ocurrencia de la respuesta actual se basa en la memoria o en control discriminativo de las

respuestas previas ocurridas recientemente (Neuringer, 2002). Sin embargo, esta estrategia parece funcionar y explicar la variabilidad de las respuestas cuando los criterios son permisivos ya que cuando el criterio de variación es alto es complicado ciclar o recordar lo que ha ocurrido anteriormente en estos casos. . La estrategia basada en la memoria es usada por los sujetos cuando es posible y útil implementarla, pero cuando la demanda de la memoria es muy grande (por ejemplo, un Lag 50) parece ser que un proceso estocástico aparece. Neuringer y Voss (citado en Neuringer, 2002) realizaron un experimento con humanos con el propósito de comprobar si la ocurrencia de respuestas variable se debía a un proceso basado en la memoria. En su estudio realizaron la manipulación sistemática de alentar la ocurrencia de respuesta interponiendo TERs con diferentes duraciones. A medida que aumentaba el tiempo del TER incrementaba las diferencias entre las secuencias ocurridas por participantes humanos y las secuencias generadas por un modelo aleatorio. Los autores interpretaron que conforme aumentaba el tiempo entre una respuesta y otra los sujetos eran cada vez menos capaces de aproximar sus respuestas a la distribución estocástica de un modelo aleatorio. Los autores concluyeron que en participantes humanos la ocurrencia de respuestas altamente variables se puede deber a un proceso basado en la memoria. Sin embargo, este resultado no se ha replicado con animales no humanos (Neuringer, 1991; Doughty & Galizio, 2015). Doughty y Galizio (2015) a partir de su experimento en el cual entrenaron a sus sujetos en repetir la última respuesta ocurrida con procedimiento de discriminación condicional encontraron un alto nivel de variabilidad aun cuando el criterio era de reforzar la repetición de la última respuesta. A pesar de los resultados diferentes entre especies, Neuringer y Jensen (2012) han concluido que en la medida que los procesos basados en la memoria sean responsables de la generación de la variabilidad será posible predecir la ocurrencia de respuestas individuales, incluso cuando el

resultado general sea variable ya que cada respuesta de una secuencia variable está determinada por los eventos previos.

### ***Hipótesis del generador estocástico endógeno***

Neuringer (2002; 2012) ha argumentado que la variabilidad de la conducta se debe probablemente a un generador de variabilidad endógeno que no depende de la memoria ni de eventos ambientales azarosos. De acuerdo con Neuringer, es imposible probar directamente que un proceso estocástico endógeno subyace a la variabilidad operante, sin embargo, ha enlistado una serie de estudios y resultados como evidencia indirecta que es consistente con esta hipótesis. Entre la evidencia enlista estudios en los cuales el control de estímulos de respuestas previas está interfiriendo de alguna manera con las respuestas posteriores (Neuringer, 1986; 2002; Page & Neuringer, 1985); las limitaciones de la memoria que no permiten ajustarse a criterios poco permisivos de variabilidad (Machado, 1993; Manabe et al., 1997; Page & Neuringer, 1985) y algunos hallazgos en los que las distribuciones de respuesta de los organismos son consistentes con las distribuciones de un generador aleatorio (Blough, 1966; Neuringer, 1986).

Una de las principales evidencias a favor de la hipótesis estocástica son los resultados negativos de los estudios en los cuales alargar la secuencia o volver menos permisivo el criterio de variabilidad resulta en patrones de respuestas parecidos a los generados por un generador aleatorio (Machado, 1993; Manabe et al., 1997; Page & Neuringer, 1985). Por ejemplo, en el experimento de Page y Neuringer (1985) en el cual utilizaron un criterio de lag 50, implicaba que la secuencia ocurrida tenía que ser diferentes a las 50 secuencias previas, los patrones de conducta variables se asemejaban al patrón generado por un modelo aleatorio. Neuringer (2012) ha argumentado que es poco probable que los organismos puedan recordar cada una de las 50 secuencias previas. Por lo tanto, la evidencia a favor de la probable limitación de la memoria

como proceso para responder estocásticamente es una de las evidencias indirectas a favor de la hipótesis del generador estocástico. Otro argumento a favor de la hipótesis estocástica se debe a los resultados de los experimentos en los cuales se ha observado un incremento de la variabilidad conforme se alargan la duración de los TERs (Morris, 1987; Neuringer, 1991; Doughty & Galizio, 2015; Blough, 1966). En esos experimentos, en los cuales comparan un grupo en el cual se refuerza la repetición y otro en el cual se refuerza la variabilidad y se observa que en ambos grupos la variabilidad incrementa conforme aumenta la duración del TER los autores han interpretado que en el caso de los grupos de repetición los TERs facilitan la ocurrencia de variabilidad y por el contrario el recordar las secuencias previas interfieren con los criterios de variabilidad y por lo tanto para la obtención de reforzamiento. Los resultados parecen apoyar la hipótesis estocástica.

Otra evidencia que Neuringer (2002) ha utilizado para argumentar a favor de la hipótesis del generador son las similitudes entre las distribuciones de respuestas generadas por personas y las distribuciones generadas por un modelo aleatorio computacional (Blough, 1966; Machado, 1989; Neuringer, 1986). Neuringer (1986) realizó un experimento en el cual mostro que si se daba retroalimentación a los participantes de su patrón de respuestas junto con el de un generador estocástico computacional conforme avanzaban las sesiones los patrones de los participantes se asemejaron cada vez más al modelo computacional aleatorio. Otra evidencia a favor de la hipótesis estocástica son los resultados del experimento de Page y Neuringer (1985) en el cual manipularon secuencias con diferente número de respuestas (4, 6 u 8), en sus resultados se observó que el nivel de variabilidad no decrementaba cuando la secuencia era de 8 respuestas. Si hubiera únicamente un proceso basado en la memoria subyacente a la variabilidad operante, el número de ensayos reforzados hubieras decrementado conforme de aumentar el

número de respuestas debido a que es más difícil recordar 8 respuestas que 4. Sin embargo, los autores observaron lo contrario, conforme aumentaba el número de respuestas mayor era el porcentaje de ensayos reforzados. La hipótesis estocástica es congruente con ese resultado debido a que al responder de manera aleatoria mientras mayor fuera el número de respuesta de la secuencia mayor probabilidad había de realizar algo diferente.

Neuringer (2002; 2012) ha argumentado que las dos hipótesis mencionadas junto con eventos medioambientales aleatorios conforman la teoría tripartita de la variabilidad operante ya que se tiene evidencia de que los tres procesos pueden ser fuente de variabilidad conductual en todos los organismos y en conjunto permiten la ocurrencia de respuestas novedosas, adaptativas y útiles. Por ejemplo, los eventos medioambientales aleatorios permiten en cierto grado la impredecibilidad que favorecen las selecciones no sesgadas. El proceso basado en la memoria permite recordar que se hizo previamente para evitar repeticiones en caso de que no se permita o responder de diferentes maneras a un mismo problema. En estos casos las ayudas externas como notas o registros puedan ayudar a mejorar la capacidad de la memoria sobre todo en humanos. Sin embargo, para el mismo autor el proceso más importante, y tal vez más controversial, es el proceso estocástico endógeno debido a que la evidencia sugiere que el proceso de memoria no es suficiente para explicar toda la variabilidad operante y la conducta de los organismos parece correlacionar perfectamente con los modelos estocásticos computacionales. La conducta estocástica puede ser funcional en algunos contextos, por ejemplo, en los cuales es riesgoso que otros predigan muestra conducta o para el condicionamiento operante de conductas nuevas.

### **Críticas sobre explicar la variabilidad como una operante**

Diferentes investigadores han cuestionado la afirmación de que la variabilidad es una operante (Neuringer, 1986; 1991; 1992; 1993; 2002; 2012) y han realizado tres críticas

principales (Barba, 2012; Epstein, 2014; Holth, 2012; Machado, 1989, Machado & Tonneau, 2012; Marr, 2012; Nergaard & Holth, 2020). La primera crítica es que las contingencias de reforzamiento aplicadas a la variabilidad de la conducta no cumplen con la definición propiamente de una operante (Barba, 2012; Nergaard & Holth, 2020). La segunda crítica radica en la posibilidad de que los resultados se deben a artefactos de los procedimientos y la tercera crítica es que las medidas implementadas en los estudios de variabilidad son agregados de datos que probablemente no están midiendo la variabilidad en si misma (Nergaard & Holth, 2020).

Acerca de la primera crítica se ha debatido principalmente si las interpretaciones y resultados de los estudios de variabilidad se apegan a la definición de una operante. Neuringer (2002) define una dimensión operante como los atributos o parámetros de una respuesta que influyen y son influenciados por el reforzamiento. La definición de una operante ha cambiado con los años. Inicialmente, Skinner (1935) definió una operante como la relación entre algunas respuestas que producen cambios en el ambiente y que a su vez modifican las frecuencias con que ocurren. Una operante implica una relación entre las respuestas y sus consecuencias, así como los efectos de estas consecuencias en la ocurrencia de las respuestas. Sin embargo, un problema con esa definición es que en ocasiones las contingencias de reforzamiento afectan a la frecuencia de otras respuestas que no están siendo propiamente reforzadas, se suele observar inducción de otras respuestas (Barba, 2012). Posteriormente, Catania (1973, 2017) describió dos tipos de clases de respuestas que podían ocurrir debido a los efectos de las contingencias de reforzamiento. Definió la clase de respuestas descriptiva que consiste en las respuestas que satisfacen la contingencia de reforzamiento descrita y la clase de respuestas funcional, que son las respuestas generadas por la contingencia. Derivado de esos dos tipos de clase de respuestas describió una operante como la correspondencia entre ambas, entre una clase de respuesta

descriptiva y funcional. El grado de correspondencia entre ambas clases se observa en los gradientes de generalización. Por ejemplo, en un experimento sobre reforzamiento diferencial de la fuerza de la respuesta, la clase de respuesta descriptiva puede estar definida por la probabilidad de reforzamiento a un cierto valor  $x$  de fuerza. Por lo tanto, todas las respuestas que sean iguales a  $x$  fuerza serán reforzadas, sin embargo, dentro del mismo experimento pueden ocurrir respuestas con fuerzas diferentes, menores o mayores a  $x$  que en un principio no son reforzadas, pero son generadas o inducidas por la misma contingencia de reforzamiento. Esas respuestas inducidas son las que se nombran clase de respuestas funcional. En este ejemplo se podrá observar un gradiente de generalización de la frecuencia de respuestas, en el cual se observa que las respuestas que son igual a  $x$  son las de mayor frecuencia y hay un decremento de la frecuencia de respuestas en función de los valores de fuerza, mientras más alejados de  $x$  son los valores, menor frecuencia de respuesta se observa.

Barba (2012) ha argumentado que, en el caso de la variabilidad conductual no hay una congruencia entre ambas clases de respuestas y es demostrado por la falta de evidencia de un gradiente de generalización que, en el caso de la mayoría de las operantes se pueden observar. En los estudios sobre variabilidad operante no se ha observado la diferenciación de una respuesta seleccionada (clase descriptiva) de otras respuestas similares (clase funcional) por lo tanto es cuestionable el argumento de que es una operante. Además, Barba ha argumentado que el problema es debido a una discrepancia entre los criterios de reforzamiento de la variabilidad y la medición de sus efectos sobre la conducta.

Machado y Tonneau (2012) han argumentado que el problema en los estudios de variabilidad operante no es la falta de la diferenciación de la respuesta seleccionada ya que hay muchos otros ejemplos en los cuales es difícil observar diferenciación de una respuesta (Galbika,

1988). Sin embargo, los autores coinciden y también han argumentado que existe un problema con la conceptualización de la variabilidad conductual como operante y es por la discrepancia que existe entre los criterios de reforzamiento y las medidas de la variabilidad. Esa discrepancia evidencia una brecha conceptual importante en la explicación de la variabilidad. Los mismos autores han argumentado que la explicación de Neuringer (2002, 2012) sobre el generador endógeno es poco probable por lo que han hipotetizado que la variabilidad observada en los programas emerge o esta mediada por la selección que depende de la frecuencia de ocurrencia más que del reforzamiento directo. En otras palabras, las respuestas más frecuentes se vuelven débiles y las menos frecuentes adquieren fuerza a partir del reforzamiento. A esta hipótesis se le conoce como hipótesis de la dependencia de la frecuencia. Los autores sugieren que es más probable que el reforzamiento siga a las actividades o conductas momentáneamente más “débiles” o menos frecuentes y que a su vez es más probable que la extinción siga a las actividades más “fuertes” o más frecuentes. La principal evidencia a favor de esta hipótesis se encuentra en los resultados de los diferentes experimentos en los que se utilizan procedimientos basados en la recencia y dependientes de la frecuencia (Machado, 1989, 1992, 1993, 1997; Page & Neuringer, 1985).

La segunda crítica que han realizado varios autores es que los resultados de los estudios sobre variabilidad operante se deben a un artefacto de los procedimientos más que al reforzamiento directo de la variabilidad conductual. A pesar de que en la mayoría de las investigaciones se reporta un incremento de la variabilidad a partir del reforzamiento directo, también se observa inconsistencias con los resultados reportados en las investigaciones de otras dimensiones operantes (Nergaard & Holth, 2020). Incluso algunos autores han reportado resultados con algunas características de la variabilidad que difieren de las respuestas repetitivas

más estudiadas (Wagner & Neuringer, 2006). Por ejemplo, un hallazgo consistente en los estudios de las operantes repetitivas es que las respuestas más cercanas al reforzador se ajustan a la contingencia más rápido que las respuestas más alejadas, ya sea por intervalos de tiempo o número de respuestas (Nergaard & Holth, 2020). En los experimentos de variabilidad se ha encontrado lo contrario, las respuestas que están bajo un criterio de variabilidad tienden a ajustarse más rápido a la contingencia si se introduce un TER forzado, lo que se refiere a que si ocurre una respuesta durante este tiempo entonces será reiniciado. Esta inconsistencia en particular con otras dimensiones operantes posiblemente puede ser una de la principal variable que están influenciando en el incremento de la variabilidad. Actualmente los TER son una estrategia común en procedimientos con palomas para generar un requisito de espaciamiento de la respuesta debido a los patrones de picoteo en ráfagas. Cuando se utilizan ratas como sujetos esta estrategia no es requerida para la presión a la palanca, sin embargo, introducir un TER forzado, es un detalle típico de los procedimientos de variabilidad con cualquier especie (Nergaard & Holth, 2020). A pesar de la evidencia sobre el efecto de que implementar TERs forzados en los procedimientos de variabilidad incrementa la variabilidad de la conducta (Blough, 1966; Doughty et al., 2015; Morris, 1987; Neuringer, 1991), la interpretación y conclusión de los autores es que los resultados se deben a la frecuencia de reforzamiento asociado a los TER. Mientras más largo un TER menor probabilidad de reforzamiento y por lo tanto mayor variabilidad. A pesar de la evidencia contradictoria de los resultados y del efecto generador de variación de la respuesta de los TER (Blough, 1966), su implementación en los procedimientos de variabilidad se ha vuelto convencional, aunque siga siendo poco claro por qué y cómo afecta a la variabilidad (Nergaard & Holth, 2020). Además, los resultados reportados en los estudios previos (Grunow & Neuringer, 2002; Neuringer, 1991; Page & Neuringer, 1982;

Schwartz, 1982; Stokes, 1995) sugieren que el efecto de la implementación de TERs puede depender de las condiciones iniciales del entrenamiento en variación, sin embargo, es un efecto que se ha investigado poco desconoce hasta el momento.

Nergaard y Holth (2020) han argumentado que diferentes investigaciones han reportado variabilidad de la conducta inducida por diferentes procedimientos como los TER, reforzamiento intermitente, reforzamiento demorado y extinción. De la misma forma, muchas investigaciones han reportado mayor variabilidad durante reforzamiento intermitente que con reforzamiento continuo. Además, la extinción es una fuente de variabilidad con mucha investigación que respalda el argumento. Por esas razones, Los autores han propuesto explicar la variabilidad, no como una operante, sino como un proceso dinámico derivado del reforzamiento intermitente y extinción de respuestas o patrones de respuestas. Los autores también argumentan que esta forma de explicar la variabilidad conductual es congruente con las hipótesis de Machado y Tonneau (2012) y Barba (2015) ya que como lo plantean, hay periodos locales de extinción que induce variabilidad y además hay reforzamientos de algunas o varias respuestas diferentes.

La tercera crítica está enfocada en las medidas utilizadas para mostrar variabilidad. La principal variable dependiente en los estudios de variabilidad de la conducta es el valor de  $U$  que es un derivado de la teoría de la información. Sin embargo, diferentes autores han argumentado que el valor de  $U$  es una medida molar de la variabilidad ya que muestra solo las distribuciones de respuestas generales, pero no refleja el orden de las secuencias de esas respuestas en un nivel molecular (Barba, 2012; Kong, 2017, Machado & Tonneau, 2012; Nergaard & Holth, 2020). Por esa razón es cuestionable si se observa un efecto del reforzamiento o solo es un agregado de los datos. Nergaard y Holth (2020) argumentaron que a pesar de que los análisis molares de la variabilidad como el valor de  $U$  muestran altos niveles de variabilidad o cercanos a 1, lo que

significaría poca predictibilidad, los análisis moleculares muestran una alta predictibilidad de las respuestas que ocurren. En los análisis moleculares se observa que la última respuesta que ocurre antes de la entrega del reforzador tiende a ser la misma de la primera respuesta de la siguiente secuencia. Por ejemplo, si ocurre la secuencia RRRL y es reforzada es probable que la siguiente secuencia comience con L debido a que la última respuesta reforzada ocurrió en ese operando.

Derivado de esos análisis los autores han argumentado que el valor de U es solo un agregado de datos que podría no estar reflejando el efecto de la contingencia en los procedimientos.

Todos los autores que han criticado la conceptualización de la variabilidad como una operante admiten y reconocen que los experimentos e investigaciones sobre la variabilidad han sido de gran utilidad para mostrar las condiciones y variables necesarias para controlarla y poder incrementarla en ambientes aplicados por ejemplo en niños diagnosticados con autismo (Barba, 2012; Machado & Tonneau, 2012; Nergaard & Holth, 2020; Miller & Neuringer, 2000). Sin embargo, todos han argumentado y concluido que posiblemente la investigación básica sobre la variabilidad necesita un cambio y renovación en sus procedimientos, aparatos y medidas.

Posiblemente sea momento de desarrollar nuevos aparatos que permitan estudiar desde otra perspectiva la variabilidad de la conducta, investigar el efecto de secuencias más largas o incluso investigar otras topografías que ya no sean secuencias de un determinado número de respuesta (Nergaard & Holth, 2020). De igual forma es necesario realizar otros análisis diferentes del valor de U ya que en un procedimiento con una gran cantidad de opciones posibles pero que no tiene una cantidad suficientemente grande de oportunidades para responder, probablemente el valor de U no sea una medida particularmente informativa de la variabilidad conductual (Kong et al., 2017). Sin embargo, en los procedimientos tradicionalmente se utilizan pocos operandos y una secuencia de pocas respuestas (2 operandos y 4 respuestas) por lo que se desconoce hasta el

momento como se vería la variabilidad de la conducta en organismos vivos con un número mayor de secuencias posibles y más opciones para responder. La investigación sobre la variabilidad de la conducta se encuentra en un punto en el cual es necesario modificar los procedimientos que existen y desarrollar nuevos que permitan alejarse de los problemas que se han criticado, pero que al mismo tiempo permita avanzar la investigación del fenómeno y su relación con otras variables y otras medidas.

## Sección II: Trabajo de investigación

La variabilidad de la conducta se ha definido comúnmente como cambios, dispersión o impredecibilidad de la conducta de un momento a otro. De forma más precisa, la variabilidad conductual ha sido conceptualizada como un continuo que va desde la total estereotipia hasta la completa aleatorización de la conducta (Neuringer, 2002, 2012, 2014; Neuringer & Jensen, 2012; Stokes, 1995, 1999). El estudio de la variabilidad ha sido importante, entre otros aspectos, debido a que ha proporcionado conocimiento sobre como generar patrones de conducta novedosos que se mantengan a largo plazo (e.g., Pryor et al., 1969). En parte el interés por el estudio de la variabilidad conductual tiene su origen en el hecho de que, aunque el reforzamiento selecciona una operante y hace más probable la ocurrencia de una clase de respuesta, las respuestas dentro de la clase no son exactamente iguales en cada instancia. Algunos de los estudios iniciales realizados durante las décadas de 1940 y 1950 mostraron no solo evidencia de esta afirmación, sino que mostraron que la variabilidad puede inducirse con diferentes procedimientos (Guthrie & Horton, 1946; véase Keller & Schoenfeld, 1950, para una revisión clásica de la variabilidad).

Existen varias fuentes de variabilidad de la conducta, por ejemplo, los procedimientos de extinción o en otras palabras interrumpir la entrega de reforzamiento, inducen variabilidad conductual (Antonitis, 1951; Lattal et al., 2013), en menor medida y de manera menos consistente, los programas de reforzamiento intermitente también inducen variabilidad en algunos procedimientos (Ferraro & Branch, 1968; Eckerman & Lason, 1969; Boren et al., 1978; Tremont, 1984; Santillán & Escobar, 2016; cf Herrnstein, 1961). Sin embargo, algunos problemas con esta forma de generar variación a partir de la extinción es que ésta eventualmente disminuye o dejan de ocurrir respuestas por completo lo cual dificulta el estudio del fenómeno a

largo plazo (Grunow & Neuringer, 2002). Neuringer (2002) propuso que otra fuente de variación es el reforzamiento contingente a la propia variabilidad de la conducta. Diversos estudios han mostrado evidencia que sustenta que la variabilidad conductual puede controlarse e incrementarse por medio de contingencias de reforzamiento (Blough, 1966; Machado, 1989; Neuringer, 2002; Page & Neuringer, 1985; Pryor et al., 1969). Sin embargo, una pregunta que ha surgido a partir de esta afirmación es qué es lo que de hecho se refuerza al hacer contingente el reforzamiento a la variabilidad en la conducta, en otras palabras, cómo es posible que se genere aleatorización de las respuesta.

### **El problema del término aleatorización**

El término aleatorización ha sido comúnmente utilizado para explicar variabilidad de la conducta. Incluso en algunos casos se usa de manera intercambiable, pero el concepto ha sido debatido debido algunos problemas con su definición (Neuringer, 2002). Uno de los problemas con ese término es que si algo es aleatorio entonces es probable que se observe por azar o sea impredecible. Neuringer (2004) definió como aleatorio, o alta variabilidad, algo que implica que a pesar de que las frecuencias relativas de un conjunto de miembros puedan predecirse, las instancias individuales no se puedan, aun asumiendo su conocimiento completo. Desde los principios del estudio del condicionamiento operante hasta nuestros días diversos estudios han mostrado evidencia de que el reforzamiento selecciona la ocurrencia de una misma respuesta. Por lo tanto, el reforzador tiene el efecto de estereotipar la conducta (Antonitis, 1951; Baum, 2017; Skinner, 1981). En este sentido, la definición de aleatoriedad podría parecer incongruente o incompatible con el principio del reforzamiento, pues el efecto es el contrario. De acuerdo con la selección por consecuencias, las conductas que ocurren se deben a que en algún momento fueron reforzadas y seleccionadas por el reforzador propiciando que esas conductas ocurrieran

más frecuentemente (Skinner, 1981). En términos generales pareciera que la conducta tendía a estereotiparse debido a su relación con el medio ambiente y las contingencias de reforzamiento, por lo tanto, la aleatorización parecía ser una especie de ruido no explicado en el comportamiento (Neuringer, 2004; Sidman, 1960).

A pesar de la robusta evidencia del efecto del reforzamiento sobre la conducta, algunos autores se preguntaron si era posible encontrar aleatorización de la conducta en los organismos y si era posible cómo se podía generar (ver Wagenaar, 1972). Los primeros estudios relacionados con esta pregunta fueron diseñados para determinar si los humanos podían comportarse de manera aleatoria. Diversos investigadores realizaron experimentos con participantes humanos en los que les pedían realizar una secuencia de respuestas de manera “aleatoria”. El número de alternativas entre las cuales responder iba desde 2 hasta 26 y los métodos variaban en términos del uso de dígitos, letras del alfabeto, sílabas sin sentido, escritura de símbolos, presionar botones, tocar discos de metal o dibujar líneas en papel (Bakan, 1960; Baddeley, 1966; Chanpanis, 1953; Teraoka, 1963; Wagenaar, 1972). A pesar de la gran variedad de procedimientos y métodos el resultado de la mayoría de esos estudios era que los humanos eran incapaces de generar patrones de respuestas aleatorios (Wagenaar, 1972). Por ejemplo, Baddeley (1966) realizó una investigación con participantes humanos en la cual incrementó el número de alternativas entre las cuales podían elegir para responder. La tarea consistía en escribir una serie de respuestas en un pedazo de papel de forma aleatoria. Las respuestas podían ser elegidas entre diferentes opciones de número o letras que podían ser 2, 4, 8, 16 o 26. En sus resultados mostró que a mayor cantidad de opciones para responder menor nivel de variedad en las respuestas y mayor estereotipia.

Estudios posteriores (véase Wagenaar, 1972) replicaron los resultados de Baddeley (1966) y añadieron evidencia de que las personas no se comportan de forma aleatoria ya que la secuencia de respuestas aleatorias no se observaba en los resultados obtenidos. Algunas de las explicaciones para estos resultados sugirieron limitaciones en la capacidad de la “memoria”, las secuencias de respuestas generadas dependían del recuerdo de los eventos pasados (Baddeley, 1972; Tune, 1964a). Otra explicación fue atribuida a la “atención” que las personas ponían a la tarea (Weiss, 1964) y una última explicación fue la dificultad para entender el término aleatorio (Wagenaar, 1972). A pesar del robusto resultado entre los diferentes estudios, las explicaciones aportadas sobre esos resultados dificultaban entender el término aleatoriedad debido a que lo volvía una propiedad interna de la persona en lugar de centrar la explicación en las herramientas o los procedimientos (Neuringer, 1986). Adicionalmente, algunos experimentos con animales no humanos mostraban resultados incongruentes con los resultados de los experimentos con humanos (Blough, 1966; Schoenfeld et al., 1966).

### **Incongruencias entre humanos y no humanos**

Blough (1966) realizó un experimento con el propósito de estudiar si se podía establecer la ocurrencia de respuestas aleatorias en el tiempo de forma similar a los sistemas físicos, por ejemplo, en la desintegración radioactiva. En su estudio uso palomas como sujetos debido a la topografía específica de responder en ráfagas de estos animales. Para esto, reforzó la ocurrencia del picoteo a una tecla si el tiempo entre los picotazos consecutivos o los TER, como los llamó, había ocurrido con baja frecuencia en el pasado. Este estudio fue el primero en implementar este tipo de programas. Los resultados mostraron que el reforzamiento de los TERs poco frecuentes generaba un comportamiento variable de los picotazos distribuidos en el tiempo. Este estudio, fue uno de los primeros en mostrar que era posible reforzar la variabilidad de una respuesta hasta

el punto de generar un patrón estocástico en animales no humanos. Schoenfeld et al., (1966) reportaron resultados similares con un procedimiento muy parecido, pero con ratas como sujetos.

Pryor et al. (1969) realizaron un experimento en el cual reforzaron directamente la ocurrencia de conductas novedosas o poco probables en marsopas como sujetos. El estudio lo realizaron dentro de un acuario en el que reforzaban patrones de conductas como nadar hacia atrás, brincar o girar. Los autores reforzaban un patrón determinado de conductas en la marsopa por un número determinado de sesiones, pasado ese lapso dejaban de entregar reforzadores hasta que ocurriera un patrón de nado que no se hubiera observado previamente. El resultado del entrenamiento fue el incremento de la ocurrencia de conductas nuevas cada vez que entraban al lugar de entrenamiento, incluso conductas poco observadas previamente en la especie. Este estudio fue uno de los primeros en mostrar que era posible incrementar la ocurrencia de conductas nuevas con contingencias de reforzamiento. A pesar de mostrar evidencia sobre el incremento y la ocurrencia de conductas nuevas, diferentes de las observadas previamente, el estudio fue cuestionado debido a que no era claro si este incremento se debía a la entrega contingente del reforzador o era variabilidad inducida por la extinción de la ocurrencia de patrones anteriores (Holt, 2012).

Schwartz (1982) realizó una serie de experimentos en los que reforzó directamente la variabilidad de la conducta en palomas experimentalmente ingenuas, sin ningún entrenamiento o historia en respuestas estereotipadas. En estos estudios uso una matriz de 5 x 5 en la cual se movía un cuadrado con una secuencia de 8 respuestas distribuidas en dos operandos, con la restricción de que solo ocurrieran 4 respuestas por operando. En estos experimentos solo entregaba reforzador si la secuencia era diferente a la secuencia ocurrida previamente, si ocurría la misma secuencia el ensayo terminaba en un tiempo fuera y se reiniciaba el ensayo. Los

resultados mostraron que la ocurrencia de una misma secuencia era predominante, el porcentaje de secuencias diferentes era muy bajo y también había un bajo porcentaje de ensayos reforzados. La conclusión del autor fue que no era posible incrementar la variabilidad de la conducta con contingencias de reforzamiento y que por el contrario la respuesta tendía a estereotiparse con el reforzador.

Los resultados y conclusiones de los estudios de Schwartz (1980, 1981, 1982) fueron importantes debido a que mostraban semejanza con los resultados previos de los estudios con humanos en animales no humanos y que además la variabilidad parecía ser insensible al reforzamiento (Wagenaar, 1972). Sin embargo, Page y Neuringer (1985) argumentaron que los resultados de Schwartz se podían deber a un detalle en su procedimiento y no a la insensibilidad al reforzamiento. Los autores argumentaron que la restricción de responder solo 4 veces en cada operando estaba restringiendo la ocurrencia de diferentes secuencias lo que resultaba en un bajo porcentaje de variación. Por esa razón, Page y Neuringer realizaron una serie de experimentos con el propósito de investigar si la variabilidad podía reforzarse directamente si se eliminaba la restricción de la respuesta.

Page y Neuringer (1985) realizaron una replicación sistemática del estudio de Schwartz (1982). Tuvieron dos condiciones, una condición sin restricciones en el que solo reforzaron las respuestas con un criterio de Lag 1, las respuestas eran reforzadas únicamente si las respuestas era diferentes al ensayo previo, y otra condición con restricciones, 4 respuestas por operando. En sus resultados mostraron una diferencia entre las condiciones, siendo más alto el porcentaje de secuencias diferentes en la condición sin restricción. Las conclusiones de los autores fue que los resultados de Schwartz se debieron a la restricción de respuestas impuesta en su procedimiento ya que en su estudio mostraban que era posible incrementar la variabilidad de la conducta con

reforzamiento. Adicionalmente, los autores realizaron otro experimento en cual manipularon el criterio de reforzamiento contingente a la variación haciéndolo más estricto. En sus resultados mostraron que mientras más estricto fuera el criterio mayor nivel de variabilidad de la conducta. El estudio de Page y Neuringer fue uno de los primero en mostrar evidencia sistemática de que era posible incrementar y controlar el nivel de variabilidad conductual en animales no humanos con contingencias de reforzamiento. Adicionalmente, compararon los resultados de los sujetos con los datos de un generador computacional aleatorio, con la finalidad de comparar que tan aleatoriamente era el comportamiento. Los datos obtenidos por las palomas semejaban los datos generados por el modelo computacional aleatorio. Por lo tanto, este estudio también fue uno de los primeros que mostró evidencia de la generación de comportamiento aleatorio en animales no humanos.

Neuringer (1986) argumentó, derivado de los resultados de Page y Neuringer (1985), que una posible explicación para los resultados de los estudios con humanos se debía a que no se daba ningún tipo de retroalimentación de la tarea. En la mayoría de los estudios únicamente se les daba la instrucción de hacer una secuencia aleatoria, pero nunca se explicaba el término aleatorio y además no se les proporcionaba ningún tipo de retroalimentación sobre su desempeño. El autor argumentó que aleatoriedad implicaba a) igual probabilidad de eventos no repetitivos y b) la inhabilidad de un observador de mejorar la predicción del siguiente evento derivado del conocimiento de eventos previos. Por lo tanto, Neuringer (1986) realizó un experimento en el cual debían ocurrir numerosas respuestas durante un mismo ensayo. Un ensayo consistió en cien respuestas distribuidas en 2 teclas de computadora. Al final de cada ensayo, mostró a los participantes una retroalimentación gráfica de las respuestas generadas por pruebas estadísticas de aleatoriedad. El objetivo de las pruebas era mostrar a los participantes la

comparación de su desempeño con los resultados de una fuente de aleatoriedad y se les pedía a los participantes que generaran una distribución de valores estadísticos similares o esperados a los del modelo computacional aleatorio. La tarea era aproximarse a las distribuciones generadas aleatoriamente por el modelo. Las primeras sesiones reforzó las respuestas que cumplían satisfactoriamente una prueba estadística de aleatoriedad, posteriormente se imponía el criterio de cumplir con 2 pruebas, luego con 3 y así sucesivamente hasta cumplir con 10 pruebas estadísticas. El experimento requirió de varias semanas de entrenamiento en la tarea a los participantes, pero al final del experimento todos los participantes lograron aproximarse al modelo aleatorio con 10 pruebas estadísticas aleatorias simultáneamente. Este estudio fue uno de los primeros con participantes humanos en los cuales se mostró evidencia de que pueden observarse respuestas que se aproximan a la aleatoriedad en humanos. Sin embargo, no es claro si este efecto se debió a que la retroalimentación permitió la generación de una regla o al relativamente elevado número de opciones de respuesta.

### **La controversia sobre las opciones posibles**

Page y Neuringer (1985) realizaron un experimento con el propósito de analizar el efecto del número de respuestas por ensayo sobre el nivel de variabilidad con palomas como sujetos. En su experimento mantuvieron constante un criterio de Lag 5 como criterio para reforzar la variabilidad en todas las fases y manipularon el número de respuestas por ensayo en 4, 6 y 8 en un diseño ABCB. Si el efecto se debía al recuerdo de los eventos previos como en las explicaciones de los experimentos con humanos entonces el menor nivel de variabilidad sería con 8 respuestas en comparación con 4 o 6. Sin embargo, los autores encontraron un efecto diferente. Los resultados del experimento mostraron que el menor nivel de variabilidad fue con 6 respuestas, luego con 8 y el más alto con 4. Los autores concluyeron que no hubo un efecto del

número de respuestas sobre el nivel de la variabilidad, Sin embargo, los resultados del experimento de Page y Neuringer son incongruentes con otros estudios realizados con participantes humanos en quienes aumentar el número de opciones para responder tiende a disminuir la variabilidad (ver Wagenaar, 1972). Hay algunas diferencias entre los estudios realizados con participantes humanos y el de Page y Neuringer. Una de las principales diferencias es que en el último las respuestas se distribuían entre dos teclas y se manipuló el número de respuestas, mientras que en los estudios con humanos se empleaban distintos y múltiples operandos u opciones para responder o empleaban respuestas verbales (Jensen et al., 2011).

Las múltiples opciones para responder constituyen una variable principalmente usada con participantes humanos, debido a que se hacía uso de las 26 letras del alfabeto o combinaciones de números. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre variabilidad operante con animales no humanos, e incluso algunos con humanos, utilizan dos operandos, dos teclas, palancas o teclas de computadora lo cual restringe el rango de opciones para responder, así como el número máximo de secuencias posibles. Hay pocos estudios en los que los autores hayan reportado el uso de más de dos operandos con animales no humanos. Morgan y Neuringer (1990) realizaron un experimento en el cual reportaron la implementación de 6 operandos con los cuales compararon respuestas con diferentes topografías y el nivel de variabilidad que generaba cada una. Los autores usaron 6 operandos, dos teclas, dos palancas y dos cadenas. Sin embargo, los operandos se presentaron por pares, nunca se presentaron todas al mismo tiempo. Además, el experimento fue similar a los estudios previos respecto a que se reforzó la ocurrencia de una secuencia de 4 respuestas distribuidas solamente en dos operandos presentados durante cada sesión. Por otra parte, Grunow y Neuringer (2002) realizaron un experimento en el cual utilizaron una caja

operante con tres operandos. Los autores reforzaron la ocurrencia de una secuencia de tres respuestas distribuidas en tres operandos, dos palancas y una tecla. En su estudio entrenaron tres niveles diferentes de variabilidad con un procedimiento de umbral y analizaron el efecto de disminuir la frecuencia de reforzamiento. Los resultados mostraron un efecto de la frecuencia del reforzamiento en relación con el nivel de la variabilidad entrenado. Sin embargo, los autores no discutieron los posibles efectos de tener tres operandos para responder, a pesar de ser uno de los pocos estudios con más de dos operandos hasta el momento en un procedimiento de variabilidad.

Jensen et al. (2011) realizaron algunos experimentos con el propósito de analizar el efecto de múltiples opciones para responder sobre el efecto de la variabilidad. En su experimento utilizaron palomas como sujetos y una pantalla táctil en la cual registraron las respuestas de picoteo. Al inicio de cada ensayo, en la pantalla se proyectaban 2, 4 u 8 cuadrados distribuidos equidistantemente uno del otro en toda la pantalla, los cuales eran los operandos para responder y utilizaron un procedimiento de reforzamiento para incrementar el nivel de la variabilidad de las respuestas distribuidas en la cantidad diferente de operandos. Los autores encontraron un nivel alto de variabilidad independientemente del número de operandos. Los autores concluyeron que múltiples operandos no generan una disminución en el nivel de variabilidad en animales no humanos, por lo tanto, a diferencia de lo que ocurre con los humanos, el fenómeno observado no parece ser debido a un proceso basado en la memoria. Los autores realizaron el mismo experimento, pero adaptado para participantes humanos y observaron el mismo efecto que con las palomas, aumentar el número de opciones para responder no disminuyó la variabilidad de la conducta. Jensen et al., argumentaron que, si bien es cierto que las personas recuerdan patrones aleatorios de secuencias y responden en formas aparentemente caóticas, también ocurre que cuando se pide responder de forma aleatoria con pocas respuestas y no se provee ninguna

retroalimentación, entonces el número de opciones entre las cuales elegir para responder, ya sean botones, letras, palancas o teclas, importa y podría sugerir que el recordar las respuestas previas afecta lo que se hará después. Por otro lado, cuando el reforzamiento depende de aproximarse a un modelo estocástico y hay practica suficiente, entonces la elección entre múltiples opciones parece estar guiada por un proceso estocástico.

Las inconsistencias entre los resultados de investigaciones con animales no humanos y participantes humanos sobre la generación de respuestas aleatorias o altamente variables es un problema probablemente relacionado a los procedimientos utilizados. Una variable que podría resultar importante para explicar las inconsistencias en los resultados es el número de opciones para responder. En los estudios con participantes humanos, en los que se utilizan hasta 26 opciones para responder, el resultado más común es que entre más opciones para responder menor variabilidad en sus respuestas (Wagenaar, 1972). En cambio, en los estudios con animales no humanos aumentar el número de opciones para responder no ha tenido un efecto sobre el nivel de la variabilidad (Jensen et al., 2011). Sin embargo, en la mayoría de los estudios con animales no humanos se utilizan dos operandos y una secuencia de 4 u 8 respuestas, lo cual limita las opciones a 256 secuencias máximo lo que restringe el rango de opciones para responder, así como el número máximo de secuencias posibles. La limitación de las posibles opciones para responder en experimentos con animales no humanos podría estar limitando el rango de variabilidad que puede ocurrir (e.g., Nergaard & Holth, 2020). Incrementar el número de operandos, posibilitaría aumentar las respuestas posibles por secuencia y el número total de secuencias posibles, lo que podría resultar en un número mayor de secuencias que permitiría observar efectos y patrones de respuestas variables desconocidos hasta el momento. Aumentar el número de opciones para responder es una variable poco estudiada hasta el momento y los

resultados de Jensen et al., (2011) con palomas fueron contrarios a los reportados por estudios con humanos, por lo que investigación relacionada con esta variable nos podría dar información sobre las incongruencias entre los estudios. Las investigaciones realizadas hasta el momento no aportan la suficiente información para determinar el efecto de esta variable sobre la variabilidad. Por lo tanto, el propósito del presente trabajo fue comparar el efecto de múltiples opciones contra pocas opciones para responder sobre el nivel de variabilidad operante en animales no humanos.

### **Experimento 1**

Page y Neuringer (1985) realizaron un experimento en el cual manipularon el número de respuestas por ensayo en un procedimiento de variabilidad operante. El objetivo del experimento fue investigar si el incremento de la variabilidad en dichos procedimientos se debía a la contingencia de reforzamiento aplicada a la variabilidad o era debido a un proceso basado en recordar las secuencias emitidas previamente. Si hay un proceso de memoria implicado en los resultados entonces a mayor número de respuestas menor nivel de variabilidad. Los autores tuvieron tres condiciones con diferentes requisitos de respuestas. Los requisitos de respuestas fueron 4, 6 u 8 respuestas por ensayo distribuidas en dos teclas y utilizaron un procedimiento de Lag 5 para reforzar las respuestas. Los autores observaron que el menor valor de U se encontró con 6 respuestas y no con 8, por lo que concluyeron que era probable que el efecto del incremento de la variabilidad se debía a las contingencias reforzamiento y no al recuerdo de eventos previos. Sin embargo, los resultados de los autores eran incongruentes con resultados reportados previamente con humanos, en los que a mayor número de opciones menor variabilidad de la respuesta. Adicionalmente, en su procedimiento notaron que incrementar el número de las respuestas también incrementaba el total de secuencias posibles. Por ejemplo, con 2 operandos y 4 respuestas las posibles secuencias eran iguales a 16 mientras que con 2

operandos y 8 respuestas el total fueron 256 posibles secuencias. Algunos autores argumentaron que el incremento de las posibles secuencias pudo interferir en los resultados debido a que aumentar el número total de posibles secuencias incrementó la probabilidad de que una misma secuencia ocurrida sea reforzada (Jensen et al., 2011; Stokes & Harrison, 2002; Wagenaar, 1972).

Jensen et al. (2011) argumentaron que la incongruencia entre los resultados de Page y Neuringer (1985) con palomas y los estudios con humanos podía deberse a diferencias en los procedimientos. En los procedimientos con humanos la manipulación principal era el número de opciones entre las cuales responder, por ejemplo, las 26 letras del alfabeto, mientras que con las palomas siempre se utilizaron dos teclas y lo que variaba era el número de respuestas. Por lo tanto, los autores realizaron un experimento con el propósito de analizar el efecto de múltiples opciones para responder sobre el efecto de la variabilidad operante con palomas y extender los resultados de Page y Neuringer. En su experimento utilizaron una pantalla táctil en la cual registraron las respuestas de picoteo. Su procedimiento consistió en tres fases que dependieron del número de operandos que se presentaban. Al inicio de cada ensayo, en la pantalla se proyectaban 2, 4 u 8 cuadrados distribuidos equidistantemente uno de lo otro en toda la pantalla, los cuales eran los operandos para responder. Al tener diferente número de operandos y mantener constante el número de respuestas se generaba el mismo problema que en el experimento de Page y Neuringer (1985), por ejemplo, con 4 respuestas y 2 operandos había un total de 16 posibles secuencias mientras que con 8 respuestas había un total de 256. Para evitar ese problema, los autores ajustaron el número de respuestas por ensayo dependiendo del número de operandos y así mantener constante en 64 las posibles secuencias en todas las fases. Por lo tanto, con 2 operandos se registraron 8 respuestas por ensayo ( $2^8= 64$ ), con 4 operandos se contabilizaron 3

respuestas ( $4^3 = 64$ ) y con 8 operandos se registraron 2 respuestas ( $8^2 = 64$ ). Una vez que ocurrían el número de respuestas requeridas, el ensayo únicamente terminaba en entrega de reforzamiento si cumplía con el requisito de variabilidad, el cual consistió en un procedimiento de umbral. El número de operandos se cambió cada sesión diaria en el orden 2, 4 y 8 hasta que se presentaron un total de 25 sesiones cada uno. Los autores mostraron un valor de U cercano a .98 en todas las fases con 2, 4 u 8 operandos y concluyeron que añadir múltiples operandos no genera una disminución en el nivel de variabilidad en animales no humanos. Los autores argumentaron que los resultados eran contradictorios al argumento de que la variabilidad dependían del recuerdo o un proceso basado en la “memoria” debido a que incrementar el número de opciones para responder no tuvo un efecto sobre la variabilidad.

En los resultados del experimento de Jensen et al., (2011) se observó que, a pesar de tener un nivel de variabilidad alto con 2, 4 y 8 operandos, también había inconsistencias entre los sujetos sobre los patrones de variabilidad en relación con los diferentes operandos. Por ejemplo, para algunos sujetos se observó una disminución en función de los operandos, mientras más operandos (8) menor valor de U, para otros sujetos se observó una disminución con 4 operandos, mientras que para otros el mayor nivel de variabilidad se observó con 4 y menos con 8. El efecto reportado por los autores podría derivarse de algunos detalles en el procedimiento, como la presentación sistemática de los operandos en el mismo orden o en sí mismo por el aumento en las opciones entre las cuales responder. Sin embargo, en el experimento de Jensen et al., (2011) es complicado aislar los resultados de un efecto de los múltiples operandos, de un efecto de historia de reforzamiento del nivel de variabilidad entre condiciones. Sin embargo, es posible que añadir un grupo control pueda ser de utilidad para analizar el efecto de los múltiples operandos sobre la variabilidad.

El propósito del presente experimento fue comparar el efecto de utilizar 2 o 4 palancas sobre el nivel de la variabilidad conductual en dos grupos de ratas como sujetos. Para el primer grupo se utilizó un procedimiento de Lag  $n$  como criterio de variabilidad y el segundo grupo fue control del primero en el cual la entrega del reforzamiento fue independiente de la variabilidad. Con la finalidad de mantener el mismo número de posibles secuencias en ambas condiciones (256) se utilizó un diferente número de respuestas por ensayo, en la primera condición se registraron 8 respuestas y en la segunda condición 4. Los datos se compararon con los datos generados por un modelo computacional aleatorio con el objetivo de analizar la semejanza de los datos generados por organismos vivos y los generados por una computadora. Los generadores computacionales aleatorios son una herramienta de control que permite comparar el nivel de variabilidad conductual con un modelo computacional aleatorio. Mientras más se parezcan los datos a los generados por el modelo computacional aleatorio mayor es la probabilidad de que se deba a la contingencia de reforzamiento y no algún tipo de inducción (Neuringer, 2002; Page & Neuringer, 1985). Se utilizó el programa Visual Studio 2019 para programar un generador computacional aleatorio. En el generador programado para este estudio se podían introducir los valores del número de operandos, número de respuestas por ensayo, el valor del Lag y el número de ensayos en los que se realizaría la operación. Los datos del modelo computacional aleatorio se obtuvieron de forma individual cada 50 ensayos, de manera similar a las sesiones de cada sujeto experimental y se calcularon en total 300 ensayos. Se consideraban como aciertos cuando las secuencias generadas cumplían con el criterio de Lag y como error las que no cumplían con el criterio. Los datos del modelo aleatorio fueron analizados junto con los datos obtenidos por los sujetos experimentales.

## Método

### Sujetos

Ocho ratas *Wistar* macho de aproximadamente 3 meses de edad al comienzo del experimento y privadas al 80% de su peso *ad libitum*. Los sujetos se alojaron en cajas individuales y tuvieron acceso libre a agua durante todo el experimento. Se dividieron en dos grupos de 4 ratas cada uno. Los sujetos fueron cuidados y mantenidos de acuerdo con las disposiciones de la *Norma Oficial Mexicana* NOM-062-ZOO-1999 verificada por el Comité para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

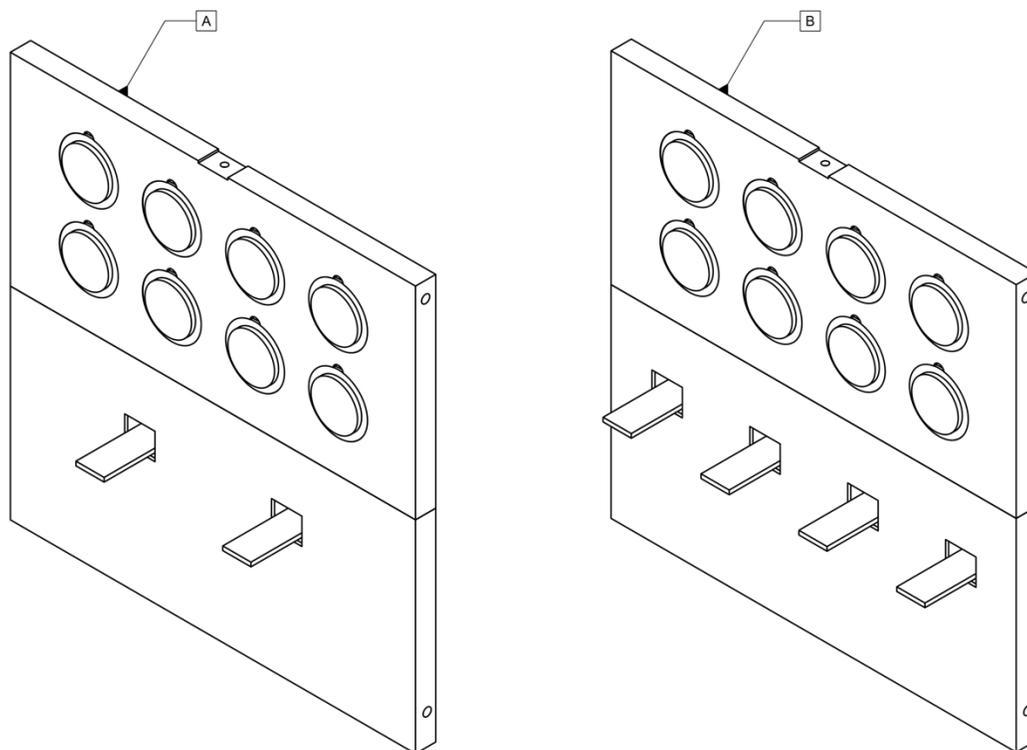
### Aparatos

Se construyeron dos cajas de condicionamiento operante de 20 cm de alto x 30 de largo x 20 cm de profundidad. Los paneles laterales fueron hechos con acrílico transparente y los paneles frontal y posterior fueron impresos en 3D con Ácido Poliláctico (Escobar et al., 2022). En el panel frontal se colocaron palancas de acero inoxidable de 1 x 3 cm y a 6 cm del piso. Las palancas estuvieron colocadas equidistantemente una de la otra. En la condición en la que se utilizaron dos palancas estuvieron separadas por 6 cm cada una y en la condición con 4 palancas estuvieron a 2 cm de distancia cada una. Además, sobre las palancas se colocaron 8 diodos emisores de luz (LED por sus siglas en inglés) traslucidos de 5 mm, distribuidos en dos filas de 4 luces cada una separada por 1.5 cm de distancia (ver Figura 1). La luz izquierda estuvo separada 2.8 cm del panel lateral. En el panel posterior en el centro había un comedero elevado 3 cm de distancia del piso, el cual se ocupó para la entrega de un pellet de 45 mg marca *Bioserv* que funcionaba como reforzador. Se colocó a 15 cm del piso un LED de 10 mm para iluminación general y un zumbador de 5 VCD que emitía un sonido de 70 dB, 2.9 kHz. Las cajas fueron controladas por la interfaz Arduino-Visual Basic (Escobar & Pérez-Herrera, 2015) y se ubicaron

dentro de un cubículo sonó-amortiguado. Durante todas las sesiones se reprodujo ruido blanco de 60 dB a través de altavoces.

**Figura 1.**

*Panel frontal de las cajas con diferentes operandos.*



*Nota.* El panel A muestra el panel frontal de las cajas experimentales con 2 palancas. El panel B muestra el panel frontal con 4 palancas.

**Procedimiento**

***Preentrenamiento y entrenamiento***

Se utilizó un procedimiento de moldeamiento por aproximaciones sucesivas para establecer la respuesta de palanqueo. El procedimiento se implementó en la caja con cuatro

palancas y durante todo el entrenamiento cualquier respuesta en cualquier palanca iba seguida de la entrega de un pellet. Una vez establecida la respuesta se inició un programa de cambio. Durante el programa de cambio únicamente las respuestas en la palanca activa tenían como consecuencia la entrega de un pellet, las respuestas en las otras palancas restantes eran registradas, pero no tenían ninguna consecuencia programada. Una vez que se entregaban 5 reforzadores consecutivos en la misma palanca activa, se desactivaba y se activaba la palanca contigua, de izquierda a derecha. Las sesiones terminaban una vez entregados 40 reforzadores o después de 40 minutos, lo que ocurriera primero. El programa estuvo vigente hasta que se entregaran 40 reforzadores durante 3 sesiones consecutivas. Posteriormente, se removió el panel, se colocó el panel con dos palancas y se inició un programa de razón fija (RF) 2 que incrementó gradualmente a RF 4, RF 6 y RF 8. Durante el RF las respuestas en cualquiera de las dos palancas eran reforzadas. La primera respuesta encendía la primera luz del panel frontal, la segunda la segunda luz y así sucesivamente hasta que se completará el criterio vigente. Cuando ocurría el número de respuesta requerido se apagaban todas las luces del panel frontal, se entregaba un pellet y se encendía la luz general por 0.5 s. Las sesiones terminaban una vez entregados 50 reforzadores o transcurridos 40 minutos. El criterio para aumentar la razón fue que se entregaran 50 reforzadores durante dos sesiones consecutivas. Una vez cumplido el programa de RF 8, las ratas se dividieron al azar en dos grupos de 4 ratas cada uno, un grupo denominado variable (Grupo Variable) y un grupo acoplado (Grupo Acoplado) y se inició la fase experimental.

### ***Fase Experimental***

Durante la fase experimental se utilizó un diseño reversible con dos condiciones. Durante la primera condición únicamente se utilizaron dos palancas dentro de la caja y se registraron 8

respuestas por ensayo (Condición 2 palancas – 8 respuestas). En la segunda condición se utilizaron 4 palancas y 4 respuestas por ensayo (Condición 4 palancas – 4 respuestas). Después de la segunda condición se redeterminó la Condición 2 palancas – 8 respuestas. El número de respuestas por ensayo cambió de una condición a otra con la finalidad de mantener igual el número total de posibles secuencias en 256 en ambas condiciones. Durante ambas condiciones la ocurrencia de una respuesta encendía la primera luz y se encendían en el mismo orden que con el programa RF. Una vez que ocurría el número requerido de respuestas (8 o 4) dependiendo de la condición, el ensayo terminaba y podía ocurrir la entrega de un pellet o un tiempo fuera dependiendo del requisito de cada grupo. Se programó un tiempo entre respuestas forzadas (TER) y un tiempo entre ensayos (TEE) de 0.5 s y 5 s respectivamente durante los cuales las respuestas que ocurrían eran registradas y reiniciaban los intervalos de tiempo. Las sesiones se realizaron diariamente y terminaban después de 50 ensayos o máximo 40 minutos. Las condiciones fueron las mismas para ambos grupos y cada condición estuvo vigente hasta que se cumpliera con todos los criterios de variabilidad del Grupo Variable.

**Grupo Variable.** Se utilizó un criterio de Lag  $n$  para reforzar la variabilidad. El procedimiento de Lag  $n$  consiste en reforzar las respuestas ocurridas en cada ensayo únicamente si son diferentes a las ocurridas en  $n$  ensayos previos. Durante este experimento se utilizaron valores de Lag 1, 5 y 10. Si se cumplía el criterio de Lag se apagaban las luces frontales, se entregaba un pellet y se encendía la luz general durante 5 s. Si no se cumplía el criterio se apagaban las luces y se encendía un tono durante 5 s. Cada criterio de Lag estuvo vigente hasta que la variación del porcentaje de ensayos reforzados fuera menor al 5% durante las últimas 6 sesiones (Schoenfeld et al., 1956) o por un máximo 15 sesiones, lo que ocurriera primero. Los tres criterios de Lag se utilizaron durante las tres condiciones de la Fase Experimental.

**Grupo Acoplado.** Para este grupo la entrega de pellet o tiempo fuera fue independiente de la variabilidad. A cada rata de este grupo se le asignó una rata *maestra* del Grupo Variable que fue la misma durante todo el experimento. Los ensayos terminaban en la entrega de comida o en tiempo fuera dependiendo de los resultados obtenidos por la rata maestra. Por ejemplo, si durante la sesión de la rata maestra, el primer y segundo ensayo terminaba en la entrega de comida y el tercer ensayo en tiempo fuera entonces para la rata de este grupo, el primer y segundo ensayo terminaban en comida, pero el tercero en tiempo fuera independientemente de si las respuestas eran iguales o diferentes a las registradas en los ensayos anteriores. El número de sesiones en cada condición fue igual al de las ratas maestras.

### Resultados

La variabilidad de las secuencias realizadas fue analizada con el valor de  $U$  que se calcula con la siguiente fórmula:

$$-\sum_{i=1}^n [RF_i * \log_2 (RF_i)] / \log_2(n)$$

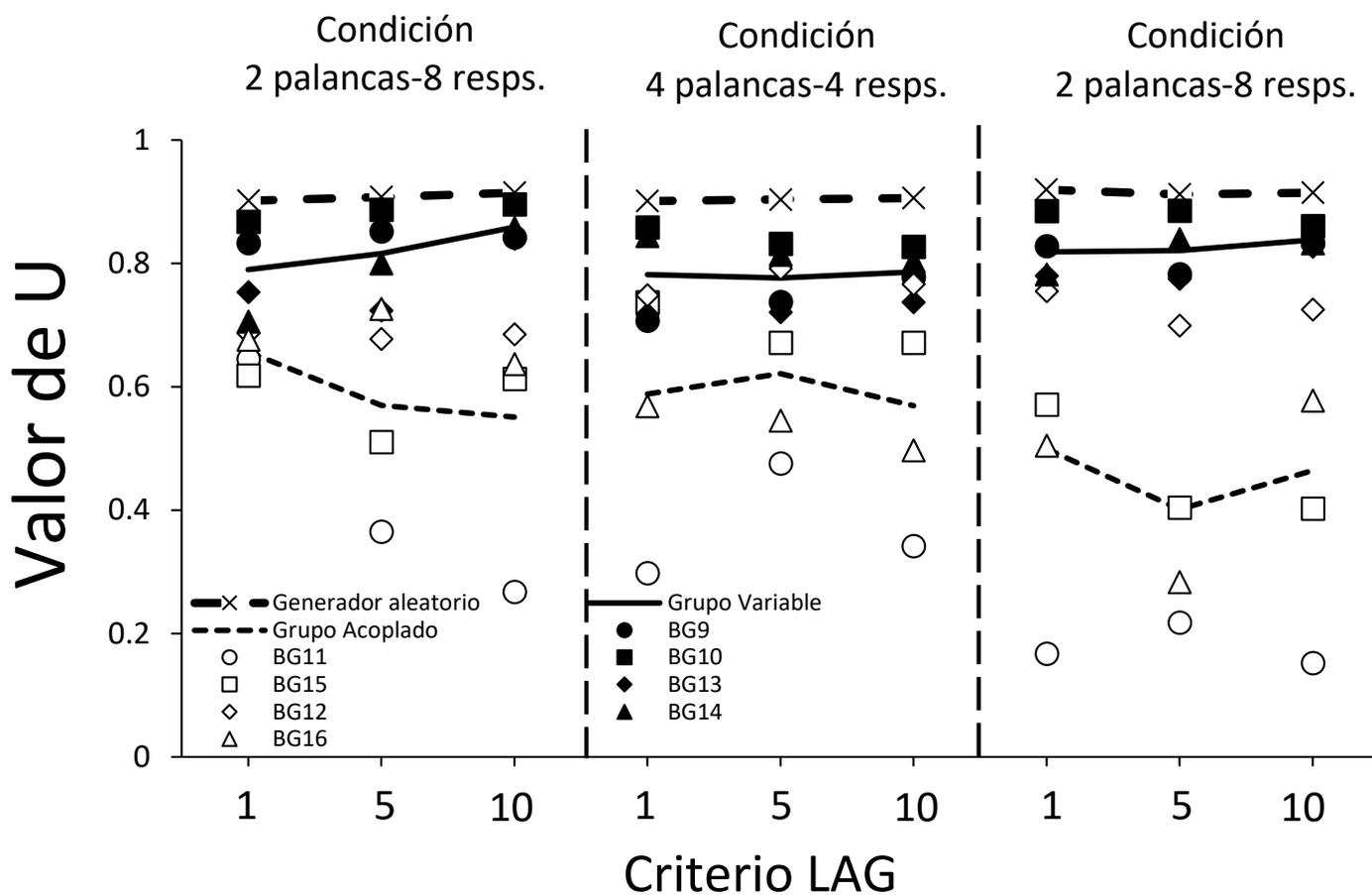
Donde  $RF$  es igual a la frecuencia relativa de cada una de las  $n$  posibles secuencias, en este experimento fue igual a 256 en ambas condiciones. El valor de  $U$  va de 0 a 1. El 0 significa estereotipa total o la repetición de una sola secuencia, es decir ausencia de variabilidad. El 1 significa aleatorización o que las frecuencias relativas equiparan o se aproximan mucho a un modelo aleatorio, por lo tanto, hay alta variabilidad. La Figura 2 muestra el promedio de las últimas 6 sesiones del valor de  $U$  en función de los criterios de Lag utilizados en ambas condiciones y en la redeterminación de la primera condición para cada sujeto. La línea negra muestra los puntos del promedio de los sujetos del Grupo Variable, mientras que la línea punteada representa el promedio del Grupo Acoplado. La línea punteada con una X representa los datos obtenidos con el modelo computacional aleatorio. Con el modelo aleatorio se observó

un valor de U cercano a .9 en todas las condiciones y a través de todos los criterios de Lag, no se observó una disminución entre 2 palancas-8 respuestas y 4 palancas- 4 respuestas. Los datos obtenidos por este modelo aleatorio son similares a los reportados previamente en otros estudios, en los cuales se reportan valores de U cercanos a 1 independientemente del valor de Lag o número de respuestas (Page & Neuringer, 1985).

Se observó un valor de U mayor en el Grupo Variable que en el Grupo Acoplado en ambas condiciones (2 o 4 palancas). Los valores obtenidos por el Grupo Variable fueron más cercanos a los obtenidos con el modelo aleatorio que con el Grupo Acoplado. Para el Grupo Variable en la Condición 2 palancas - 8 respuestas, se pudo observar un ligero incremento en el valor de U en función del criterio del Lag, mientras que para el Grupo Acoplado se pudo observar una disminución en el nivel de U conforme aumentó el criterio de Lag. En la Condición 4 palancas - 4 respuestas para el Grupo Variable, se observó una ligera disminución del valor de U respecto a la primera condición con 2 palancas – 8 respuestas. En esta condición el valor de U permaneció constante a través los tres criterios de Lag. En el Grupo Acoplado no se observó una diferencia sistemática entre las primeras dos condiciones, ni con los diferentes valores de Lag en esta condición. Redeterminar la condición 2 palancas – 8 respuestas produjo un ligero aumento en el valor de U en el Grupo Variable. El aumento en el criterio de lag no tuvo efectos sistemáticos. En el Grupo Acoplado se observó una disminución en el valor de U respecto a la condición anterior con 4 palancas y 4 respuestas.

Figura 2.

Valor de U

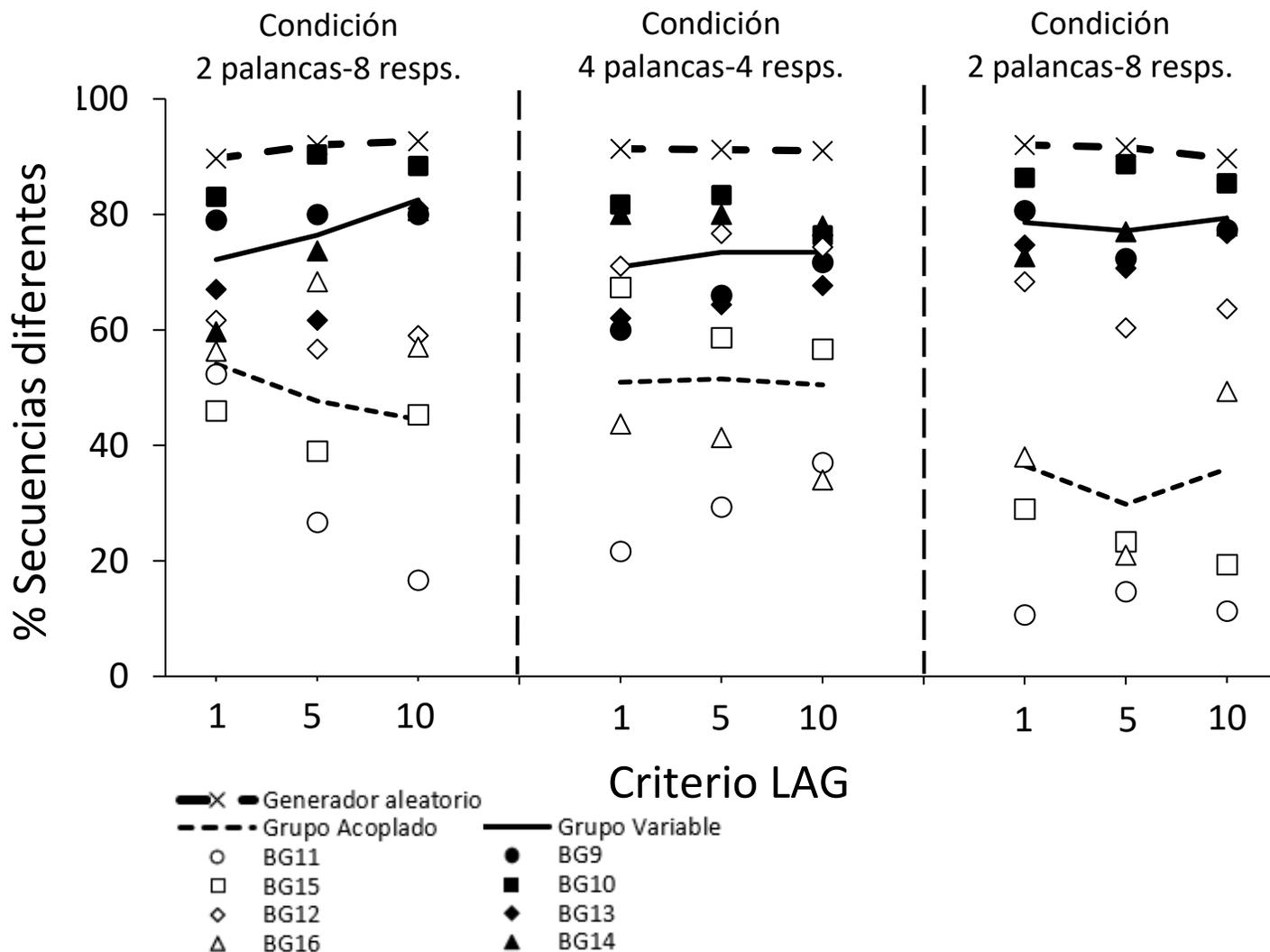


*Nota.* Los marcadores individuales representan la media del valor de U de las últimas seis sesiones de cada criterio en cada condición para cada sujeto. Los marcadores negros corresponden a los sujetos del Grupo Variable y los blancos al Grupo Acoplado. La línea negra representa la media de los sujetos del Grupo Variable y la línea punteada la media del Grupo Acoplado. Los datos generados por un modelo computacional aleatorio son representados con el marcador X y una línea punteada.

Otra medida típica para analizar el nivel de la variabilidad en estos procedimientos es el porcentaje de secuencias diferentes durante cada sesión (Neuringer, 2002). La Figura 3 muestra el promedio del porcentaje de secuencias diferentes de las últimas 6 sesiones para cada sujeto en función del criterio de Lag en ambas condiciones. De la misma manera que en la Figura 2, la línea negra representa el promedio del Grupo Variable mientras que la línea punteada representa el promedio del Grupo Acoplado y la línea con marcadores de X representa los datos generados por un modelo computacional aleatorio. Los resultados fueron muy similares a los observados en la figura anterior. Se observó un mayor porcentaje de secuencias diferentes en la Condición 2 palancas – 8 respuestas, cercanos a los predichos por el modelo aleatorio, que en la Condición 4 palancas – 4 respuestas en el Grupo Variable, mientras que no se observaron diferencias sistemáticas entre las condiciones en el Grupo Acoplado.

Figura 3.

Porcentaje de secuencias diferentes



*Nota.* Los marcadores individuales representan la media de las secuencias diferentes de las últimas seis sesiones de cada criterio en cada condición de cada sujeto. Marcadores negros corresponden a los sujetos del Grupo Variable y los blancos al Grupo Acoplado. La línea negra representa la media de los sujetos del Grupo Variable y la línea punteada la media del Grupo

Acoplado. Los datos generados por un modelo computacional aleatorio son representados con el marcador X y línea punteada.

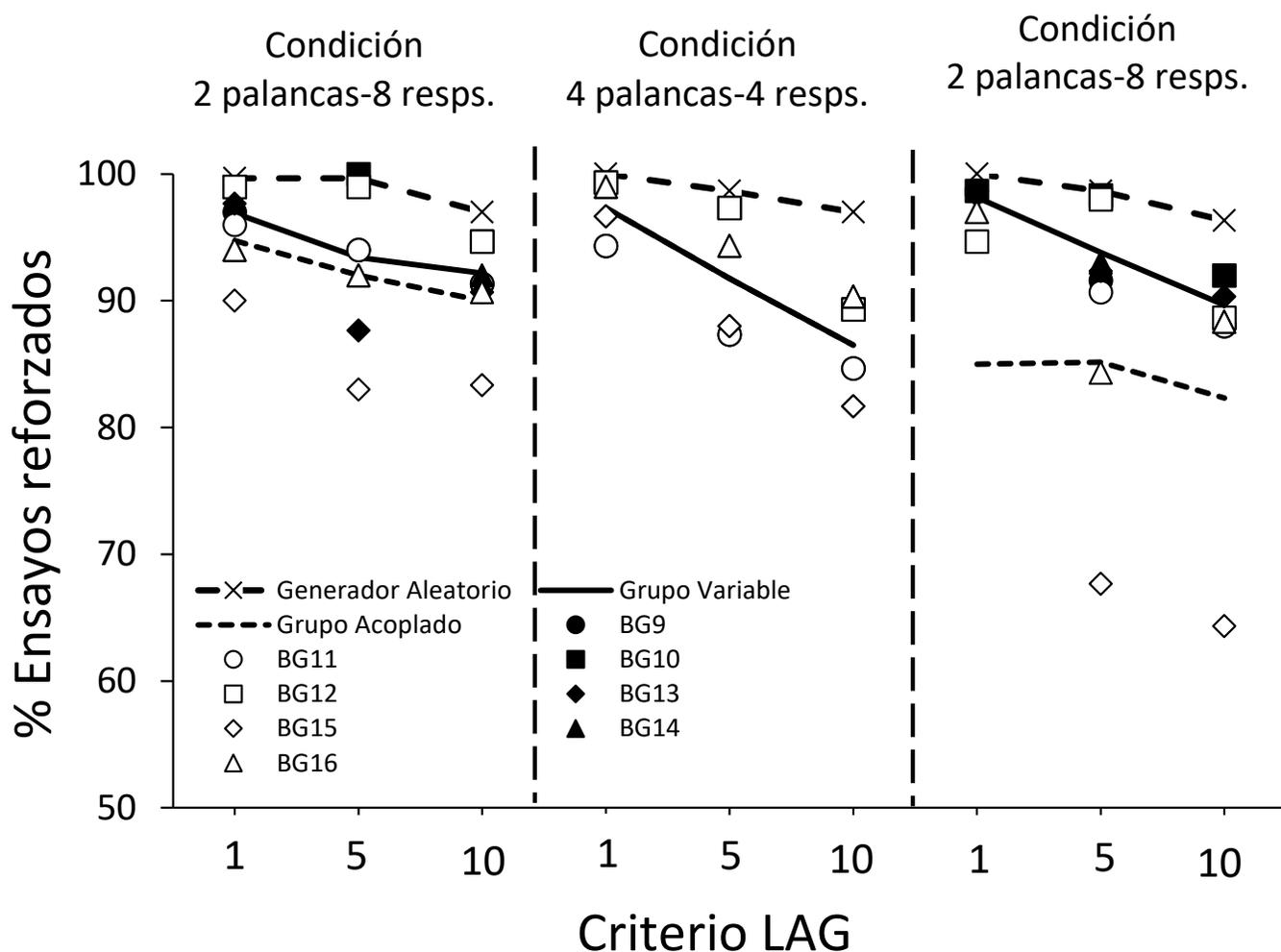
Se analizó el porcentaje de ensayos reforzados en ambas condiciones con el propósito de determinar el contacto con la contingencia de reforzamiento en ambos grupos. La Figura 4 muestra el promedio de las últimas 6 sesiones del porcentaje de ensayos reforzados en función del criterio de Lag en ambas condiciones para cada sujeto y los datos generados por el modelo computacional aleatorio. Se observó que en ambas condiciones y con el modelo computacional aleatorio el porcentaje de ensayos reforzados disminuyó mientras que el criterio de Lag aumenta. Sin embargo, la tendencia fue más pronunciada en la Condición 4 palancas – 4 respuestas que en las condiciones con 2 palancas – 8 respuestas. En la Condición 2 palancas – 8 respuestas se observó en promedio un menor porcentaje de ensayos reforzados en el Grupo Acoplado en comparación con el otro grupo y la diferencia es más grande en la segunda presentación de la misma condición. En particular la disminución del porcentaje se pudo observar en las ratas BG15 y BG16 del Grupo Acoplado.

En la Condición 4 palancas – 4 respuestas se observó el mismo porcentaje de ensayos reforzados en ambos grupos Variable y Acoplado. El resultado esperado es que el porcentaje de ensayos reforzados sea el mismo en ambos grupos debido a que la entrega de un pellet para los sujetos en el Grupo Acoplado dependía de las respuestas de los sujetos del Grupo Variable. La diferencia que se observa entre los dos grupos en las Condiciones 2 palancas – 8 respuestas pudo deberse a que algunos sujetos en ocasiones tardaban en responder en cada ensayo y perdían reforzadores al no completar las ocho respuestas durante el ensayo. En muchos casos, sin embargo, los puntos son idénticos en ambos grupos y esto sucedió en todos los casos en la

Condición 4 palancas – 4 respuestas, probablemente debido a que era comparativamente más fácil emitir 4 respuestas durante el ensayo que emitir 8.

**Figura 4.**

*Porcentaje de ensayos reforzados*



*Nota.* Los marcadores individuales representan la media de los ensayos reforzados de las últimas seis sesiones de cada criterio en cada condición para cada sujeto. Los marcadores negros corresponden a los sujetos del Grupo Variable y los blancos al Grupo Acoplado. La línea negra representa la media de los sujetos del Grupo Variable y la línea blanca la media del Grupo

Acoplado. Los datos generados por el modelo computacional aleatorio son representados con el marcador X y línea punteada.

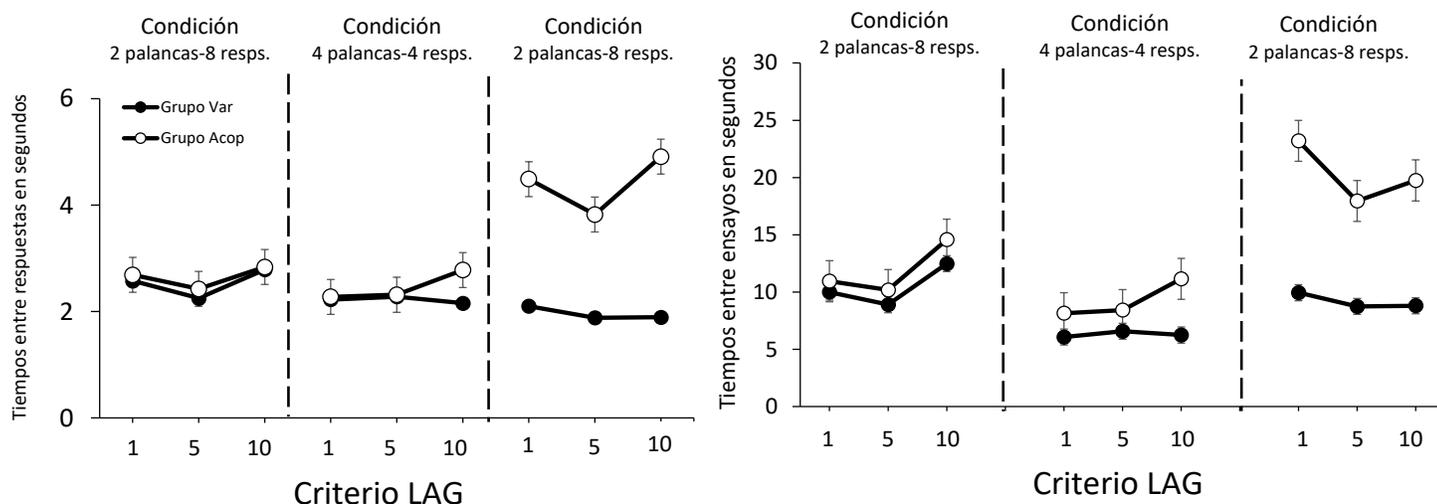
Con la finalidad de analizar las variables que contribuyen a cumplir con los requisitos de reforzamiento en cada ensayo, se calcularon los tiempos entre respuestas (TER) y los tiempos entre ensayos (TEE) obtenidos. El TER y TEE programados fueron de 0.5 y 5 s respectivamente. El panel izquierdo de la Figura 5 muestra el promedio de los grupos de las últimas 6 sesiones de los TER obtenidos en función de los criterios de Lag en todas las condiciones. El panel derecho muestra el promedio de los grupos de las últimas 6 sesiones de los TEE obtenidos en función de los criterios de Lag en todas las condiciones. Se observaron tanto TER y TEE mayores a los programados en todas las condiciones para ambos grupos. Respecto a los TER, para el Grupo Variable no se observaron diferencias entre las condiciones, los TER se mantuvieron relativamente constantes en aproximadamente 2 s independientemente del Lag o las condiciones. Para el Grupo Acoplado, en la primera Condición 2 palancas – 8 respuestas y en la Condición 4 palancas – 4 respuestas, excepto durante el Lag 10, se observaron TER similares a los de Grupo Variable en todos los criterios de Lag. Para la segunda presentación de la Condición 2 palancas – 8 respuestas se observó un incremento en los TER entre 4 y 6 s.

Respecto a los TEE, en la Condición 2 palancas – 8 respuestas se observaron tiempos ligeramente mayores en el Grupo Acoplado en comparación con el Grupo Variable. En la misma condición se pudo observar un aumento en el Lag 10 en comparación de los otros criterios para ambos grupos. En la Condición 4 palancas – 4 respuestas se observó una disminución en los tiempos entre ensayos en ambos grupos en comparación de la condición anterior, además se observaron tiempos mayores para el Grupo Acoplado que para el Grupo Variable. En la segunda

presentación de la Condición 2 palancas – 8 respuestas se pudo observar un incremento en los tiempos entre 20 y 25 s para el Grupo Acoplado en comparación con el Grupo Variable y con las otras dos condiciones.

### Figura 5.

*Tiempos entre respuestas y entre ensayos obtenidos por los sujetos*



*Nota.* El panel izquierdo muestra el promedio de las últimas seis sesiones de los TER obtenidos de los sujetos de ambos grupos. El panel derecho muestra el promedio de las últimas seis sesiones de los TEE obtenidos de los sujetos de ambos grupos. Los marcadores negros representan al Grupo Variable y los marcadores blancos al Grupo Acoplado. Las barras representan la desviación estándar de los datos.

Jensen et al., (2011) realizaron un análisis de la frecuencia relativa de permanencias y cambios en el mismo operando. En su análisis incluyeron los datos predichos por un modelo en el que se asume que mientras más opciones para responder hay, menor es la cantidad del porcentaje de permanencia en un mismo operando, debido a la distribución equitativa entre las opciones. Por lo tanto, de acuerdo con el modelo cuando hay dos opciones la frecuencia de

permanencia es de .5, hay la misma probabilidad en ambas opciones. En cambio, con 4 opciones la permanencia se reduce a 0.25 y con 8 opciones la frecuencia es igual a 0.125. En sus resultados obtuvieron que los datos de los sujetos se ajustaban a los valores predichos por el modelo. Mientras más opciones para responder menor porcentaje de permanencia en un mismo operando. En este experimento se realizó el mismo cálculo de la frecuencia de permanencia con la finalidad de comparar los resultados entre estudios. La Tabla 1 muestra los resultados predichos por el modelo, así como los datos obtenidos por los sujetos en todas las condiciones y para ambos grupos. El porcentaje de permanencia predicho por el modelo fue igual a .5 con dos palancas y .25 con 4 palancas. La frecuencia relativa de permanencia se analizó considerando como una permanencia una respuesta que ocurriera en la misma palanca que la respuesta anterior, ese valor se dividió entre la suma de permanencia y cambios de palancas. Para los sujetos del Grupo Variable se obtuvieron resultados más cercanos al valor predicho por el modelo en comparación con los sujetos del Grupo Acoplado, en ambas condiciones. El análisis mostró que en el Grupo Variable había un número mayor de cambios entre palancas y entre más palancas más cambios en comparación con el Grupo Acoplado. Sin embargo, se observó una disminución de permanencia en la misma palanca en el Grupo Acoplado durante la Condición 4 palancas – 4 respuestas.

**Tabla 1.**

*Frecuencia relativa del promedio de permanencia.*

Sujeto	Condición 2 palancas-8 respuestas						Condición 4 palancas- 4 respuestas						Condición 2 palancas-8respuestas					
	Lag 1		Lag 5		Lag 10		Lag 1		Lag 5		Lag 10		Lag 1		Lag 5		Lag 10	
	Obt.	Pred.	Obt.	Pred.	Obt.	Pred.	Obt.	Pred.	Obt.	Pred.	Obt.	Pred.	Obt.	Pred.	Obt.	Pred.	Obt.	Pred.
BG9	0.61	0.5	0.60	0.5	0.55	0.5	0.45	0.25	0.32	0.25	0.30	0.25	0.61	0.5	0.63	0.5	0.58	0.5
BG10	0.50	0.5	0.44	0.5	0.47	0.5	0.26	0.25	0.27	0.25	0.26	0.25	0.46	0.5	0.45	0.5	0.39	0.5
BG13	0.70	0.5	0.68	0.5	0.52	0.5	0.42	0.25	0.38	0.25	0.34	0.25	0.54	0.5	0.53	0.5	0.43	0.5
BG15	0.75	0.5	0.66	0.5	0.58	0.5	0.31	0.25	0.30	0.25	0.28	0.25	0.59	0.5	0.61	0.5	0.59	0.5
$\bar{X}$ Var	0.64	0.5	0.60	0.5	0.53	0.5	0.36	0.25	0.32	0.25	0.29	0.25	0.55	0.5	0.55	0.5	0.50	0.5
BG11	0.74	0.5	0.85	0.5	0.88	0.5	0.79	0.25	0.67	0.25	0.57	0.25	0.92	0.5	0.91	0.5	0.94	0.5
BG12	0.73	0.5	0.74	0.5	0.73	0.5	0.43	0.25	0.39	0.25	0.38	0.25	0.67	0.5	0.69	0.5	0.67	0.5
BG15	0.81	0.5	0.82	0.5	0.78	0.5	0.50	0.25	0.55	0.25	0.59	0.25	0.78	0.5	0.85	0.5	0.85	0.5
BG16	0.72	0.5	0.66	0.5	0.70	0.5	0.51	0.25	0.51	0.25	0.54	0.25	0.76	0.5	0.87	0.5	0.47	0.5
$\bar{X}$ Acp	0.75	0.5	0.77	0.5	0.77	0.5	0.56	0.25	0.53	0.25	0.52	0.25	0.78	0.5	0.83	0.5	0.73	0.5

*Nota.* Obt. Se refiere a los datos obtenidos por los sujetos y en grupo. Pred. Es el valor predicho

Un análisis complementario a la frecuencia relativa de permanencia que permite observar la distribución de respuestas entre el diferente número de operandos es la proporción de respuestas por operando. Se analizó la proporción de respuestas en cada palanca en todas las condiciones y criterios (ver Figuras 6 y 7). La proporción de respuestas se calculó a partir del total de respuestas que ocurrieron durante la sesión y se obtuvo el promedio de las últimas 6 sesiones por sujeto experimental. La Figura 6 muestra el promedio de la proporción de respuestas que ocurrieron en cada palanca en ambas condiciones en función del criterio de Lag para los sujetos del Grupo Variable. La Figura 7 muestra los promedios de las proporciones de respuestas de los sujetos del Grupo Acoplado. Las líneas punteadas en ambas figuras representan el punto de indiferencia correspondiente en cada condición: .5 para la Condición 2 palancas-8 respuestas y .25 para la Condición 4 palancas-4 respuestas. Para todos los sujetos del Grupo Variable se observaron valores cercanos al punto de indiferencia durante la Condición 2 palancas – 8 respuestas. En la Condición 4 palancas – 4 respuestas en dos sujetos, BG10 y BG14, se

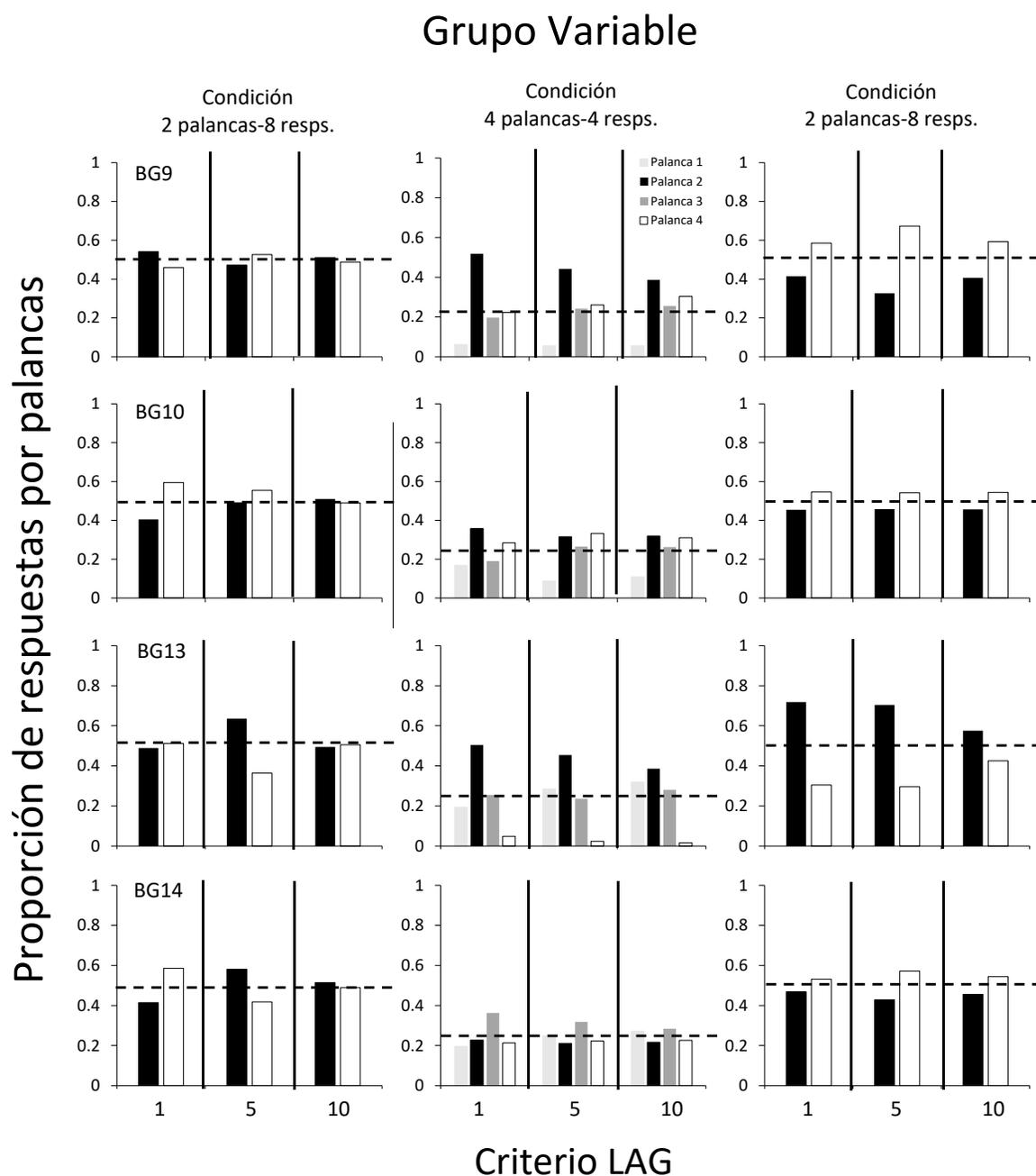
observaron valores cercanos a la indiferencia en casi todas las palancas. Para los sujetos BG9 y BG13 se observó una mayor proporción de respuestas en la palanca 2 en comparación con las otras palancas y una baja proporción en las palancas 1 y 4 respectivamente. En la segunda presentación de la Condición 2 palancas – 8 respuestas se pudo observar que para los sujetos BG10 y BG14 hubo una proporción similar en ambas palancas cercana al .5, mientras que para la rata BG9 se observó una mayor proporción en la palanca 4 en comparación con la otra palanca y para el sujeto BG13 se observó una mayor proporción de respuestas en la palanca 2 en comparación de la otra palanca (ver Figura 6).

En la Figura 7 se muestran los datos de los sujetos del Grupo Acoplado. Durante la Condición 2 palancas – 8 respuestas para los sujetos BG11, BG15 y BG16, se observó una mayor proporción de respuestas en una de las palancas, la palanca 4 para BG11 y la palanca 2 para los otros dos sujetos. Para BG12 se observaron valores cercanos al punto de indiferencia en ambas palancas. En la Condición 4 palancas – 4 respuestas para los sujetos BG11 y BG16 se observó una mayor proporción en las palancas 4 y 2 respectivamente. Para los sujetos BG12 y BG15, se observaron proporciones cercanas al punto de indiferencia en casi todas las palancas en todos los criterios. En la segunda presentación de la Condición 2 palancas – 8 respuestas se observó una mayor proporción de respuesta en una de las palancas, en la palanca 4 para el sujeto BG11 y en la palanca 2 para los sujetos BG15 y BG16. Para el sujeto BG12 en el criterio de Lag 1 se observaron datos similares cercanos al .5 en ambas palancas, mientras que en los criterios Lag 5 y 10 hubo una proporción ligeramente mayor en la palanca 4 que en la 2. Para ambos grupos en la Condición 4 palancas – 4 respuestas se observó consistentemente una menor proporción de respuestas en una de las 4 palancas en todos los sujetos, en comparación con la otra condición en la cual se observaron proporciones similares en ambas palancas.

Adicionalmente en la Figura 7 se puede observar una mayor proporción de respuestas en uno de los operandos en casi todos los sujetos del Grupo Acoplado en comparación con los sujetos del Grupo Variable en los que se observó una distribución más equitativa en todas las palancas. En ambos grupos se observó una mayor proporción de respuestas en una misma palanca en la segunda exposición a la Condición 2 palancas – 8 respuestas. Cabe señalar que este efecto no se observó en la primera exposición a esta condición.

Figura 6.

*Proporción de respuestas por palanca en función de los criterios de Lag del Grupo Variable*

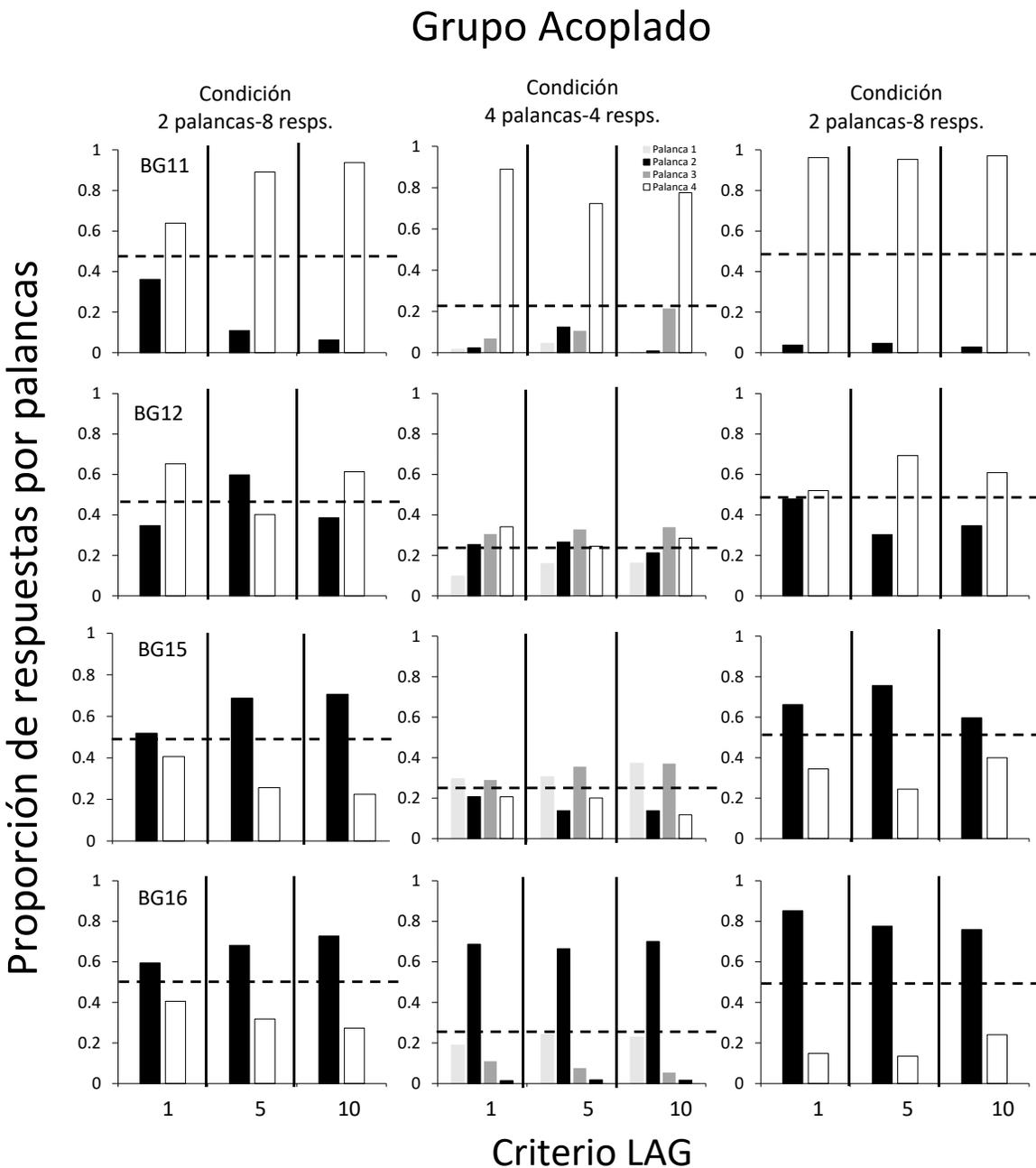


*Nota.* Media de las últimas 6 sesiones de la proporción de respuestas en cada una de las palancas disponibles en las condiciones experimentales de cada uno de los sujetos del Grupo Variable.

Las líneas punteadas representan el punto de indiferencia en cada condición.

Figura 7

Proporción de respuestas por palanca en función de los criterios de Lag del Grupo Acoplado.

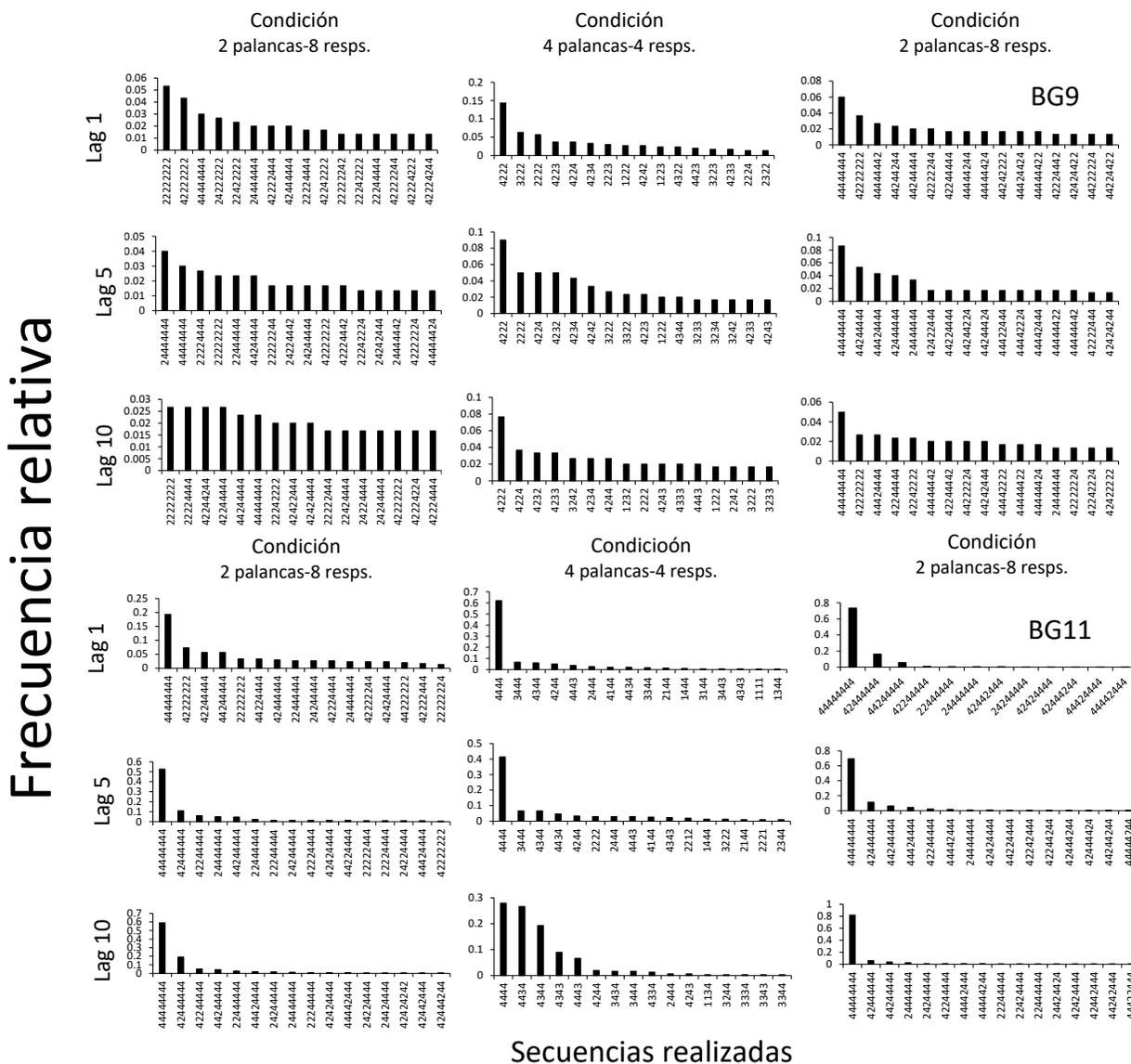


*Nota.* Media de las últimas 6 sesiones proporción de respuestas en cada una de las palancas disponibles en las condiciones experimentales de cada uno de los sujetos del Grupo Acoplado. Las líneas punteadas representan el punto de indiferencia en cada condición.

Se analizaron las frecuencias relativas de las secuencias que ocurrieron en cada una de las condiciones para cada sujeto de ambos grupos Variable y Acoplado. Las Figuras 8, 9, 10 y 11 muestran las frecuencias relativas de las últimas 6 sesiones de cada condición para cada sujeto. La frecuencia relativa se calculó considerando únicamente las secuencias que ocurrieron para cada sujeto. En algunos casos y para ambas condiciones ocurrieron entre 100 y 200 secuencias. Para simplificar el análisis, en las Figuras 8 a 11 únicamente se presentaron las primeras 16 secuencias que ocurrieron con mayor frecuencia. Los paneles superiores de las figuras corresponden a las ratas maestras del Grupo Variable, mientras que los paneles inferiores corresponden a las ratas acopladas a cada rata maestra. En las Figura 8 a 11 se observa un mayor número de secuencias diferentes en las ratas maestras con el criterio de variabilidad que en las ratas acopladas. En el caso de las figuras de las ratas maestras, las secuencias diferentes abarcan una distribución de la frecuencia relativa parecida en las primeras 16 secuencias ocurridas. Adicionalmente, en la mayoría de las ratas ocurrieron más de 50 secuencias diferentes en todas las condiciones. Las figuras de las ratas acopladas muestran frecuencias relativas más altas en la primera o primeras secuencias ocurridas, siendo casi nulas en las últimas. Otro efecto que se observó en las figuras fue que para las ratas maestras las secuencias ocurridas fueron en su mayoría secuencias heterogéneas, las respuestas se distribuyen en todas las palancas, mientras que para las ratas acopladas se observan secuencias homogéneas, todas las respuestas ocurrieron en una misma palanca.

Figura 8.

Frecuencia relativa de las secuencias ocurridas BG9 y BG11.

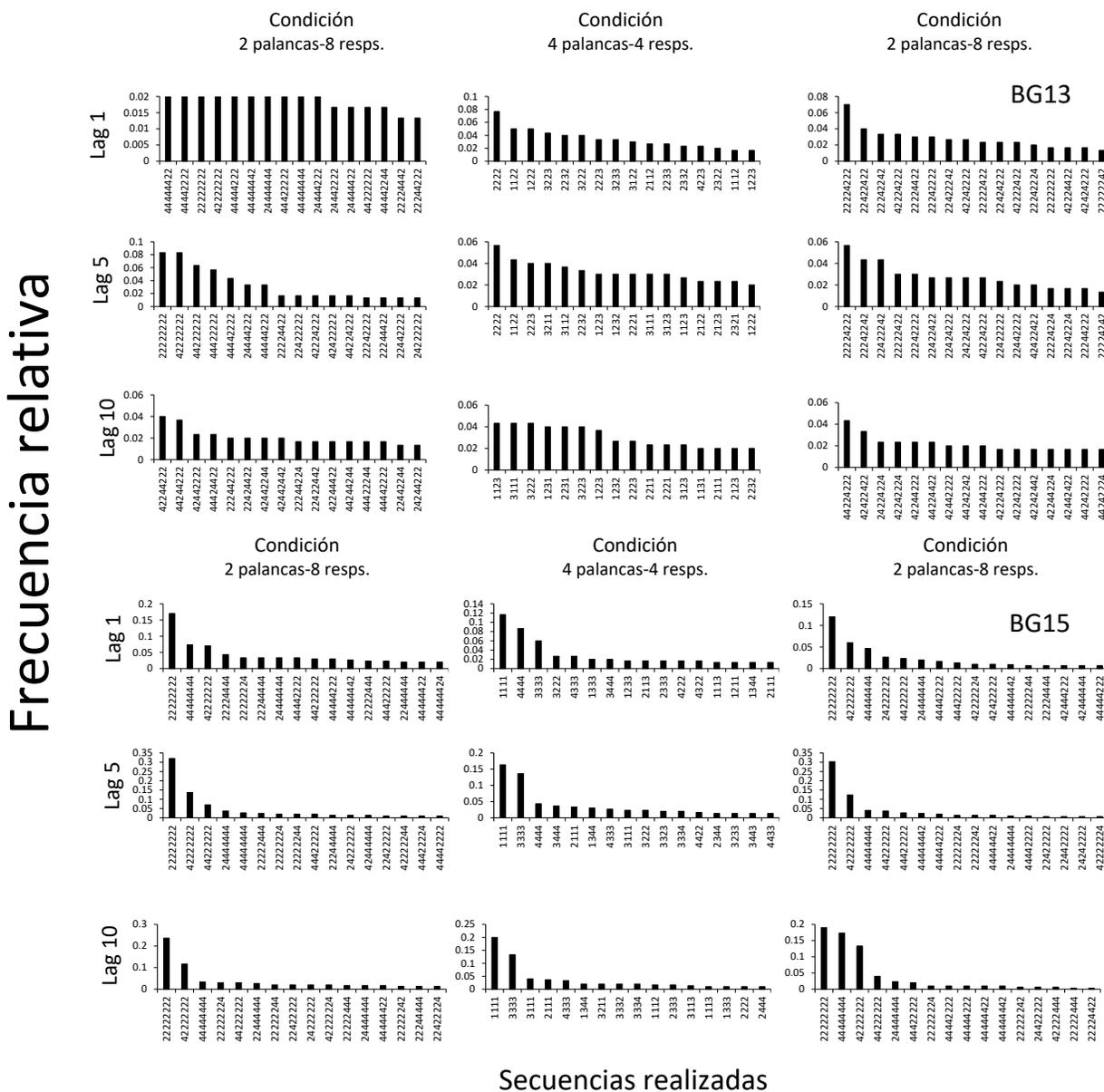


Nota. El panel superior representa los datos del sujeto maestro expuesto al criterio de variabilidad y el panel inferior representa los datos del sujeto acoplado. Se presentan las frecuencias relativas de las primeras 16 secuencias con mayor frecuencia.



Figura 10.

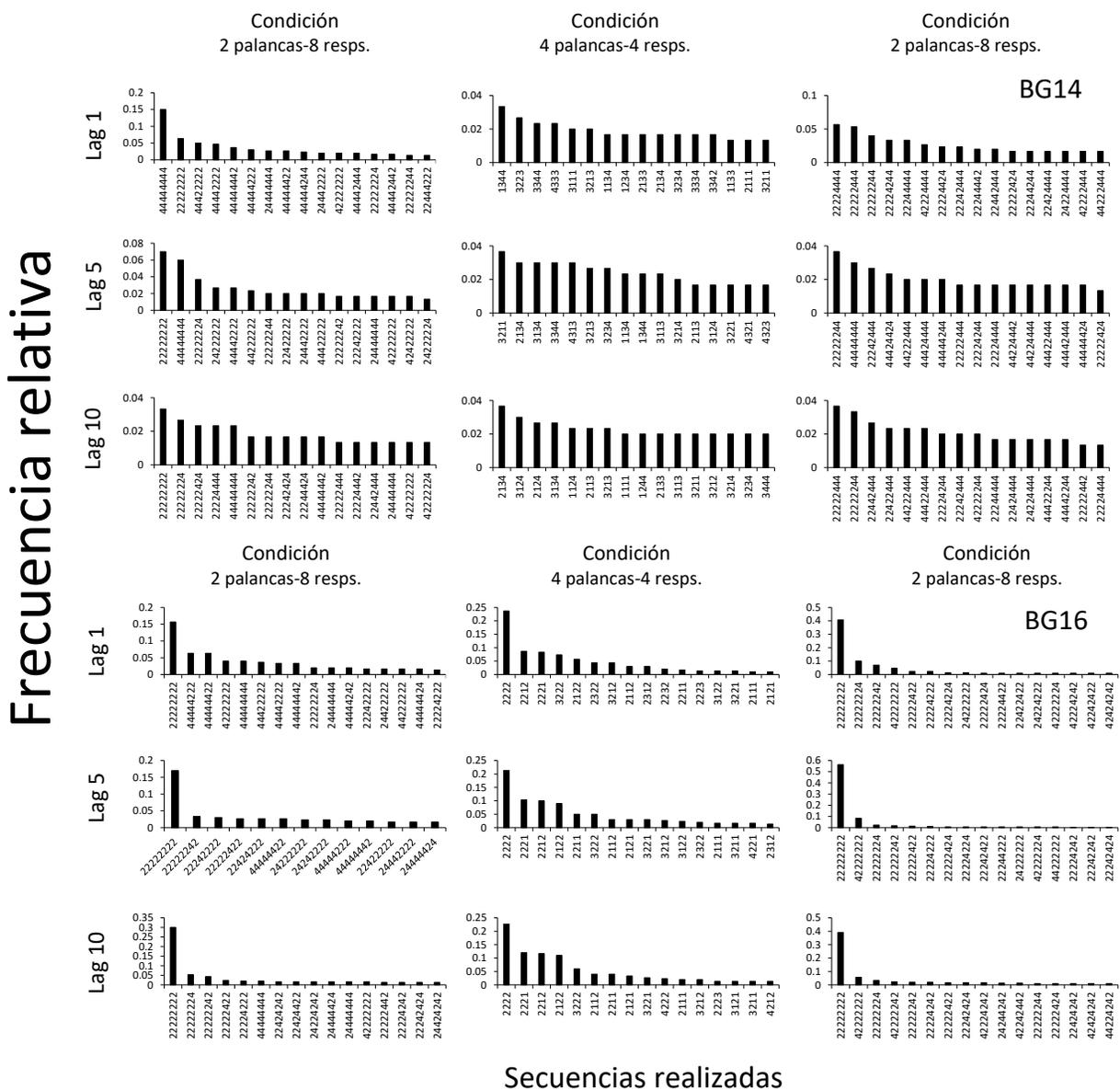
Frecuencia relativa de las secuencias ocurridas BG13 y BG15.



*Nota.* El panel superior representa los datos del sujeto maestro expuesto al criterio de variabilidad y el panel inferior representa los datos del sujeto acoplado. Se presentan las frecuencias relativas de las primeras 16 secuencias con mayor frecuencia.

Figura 11.

Frecuencia relativa de las secuencias ocurridas de BG14 y BG16.



Nota. El panel superior representa los datos del sujeto maestro expuesto al criterio de variabilidad y el panel inferior representa los datos del sujeto acoplado. Se presentan las frecuencias relativas de las primeras 16 secuencias con mayor frecuencia.

## Discusión

Los resultados observados en el Experimento 1 son congruentes con estudios previos en los que se observa un incremento del nivel de la variabilidad contingente a la entrega de reforzamiento (Barba & Hunziker, 2002; Denney y Neuringer, 1998; Galizio et al., 2018; Hunziker et al., 1998; Morgan & Neuringer, 1990; Neuringer et al., 2001; Neuringer & Huntley, 1992; Page y Neuringer, 1985). En los diferentes análisis realizados, principalmente en el valor de U y en el porcentaje de secuencias diferentes, se pudo observar una diferencia en el nivel de variabilidad entre el Grupo Variable y el Grupo Acoplado. Los grupos o condiciones acopladas a las condiciones de variabilidad en los experimentos de variabilidad operante se han utilizado como una medida de control con la finalidad de analizar si el efecto del incremento en la variabilidad se debe a la contingencia de reforzamiento o se debe a variabilidad inducida por los programas.

Page y Neuringer (1985) utilizaron un procedimiento de control con una condición acoplada en uno de sus experimentos. Los autores compararon dos condiciones, una referida como variable en la cual el reforzamiento dependía de un criterio de Lag 50. La otra condición fue nombrada acoplada, en la cual la frecuencia y distribución del reforzamiento fue la misma que en la condición variable, pero en este caso independientemente de la variación conductual. En caso de que la variabilidad observada se debiera a un resultado de extinción a corto plazo o a la variación inducida debida a la pérdida del reforzamiento entonces el nivel de variabilidad debía ser igual en ambas condiciones. Sin embargo, los autores mostraron que el nivel de variabilidad (valor de U) era mayor en la condición variable que en la otra condición acoplada. Los autores concluyeron que el efecto observado era resultado del reforzamiento directo y no de

otras variables. El mismo efecto se ha reportado en otros estudios utilizando un diseño de grupos en lugar de condiciones (Neuringer et al., 2001).

Neuringer et al., (2001) realizaron un experimento con el propósito de investigar el efecto de la extinción sobre la variabilidad operante en dos condiciones, una de reforzamiento y otra de extinción en un diseño ABAB. Tuvieron un grupo control o acoplado y un grupo variable que fueron expuestos a las mismas condiciones con la diferencia de que en el grupo variable había una contingencia de reforzamiento para la variabilidad y en el acoplado no. En ambos grupos tenía que ocurrir una secuencia de tres respuestas distribuidas en tres operandos, dos palancas y una tecla. Posteriormente, introdujeron una condición de extinción durante la cual todos los ensayos terminaban en tiempo fuera. Los autores reportaron un incremento de la variabilidad en la condición de extinción en ambos grupos. Sin embargo, el nivel de variabilidad observado para el grupo acoplado fue más bajo que en el grupo variable en todas las condiciones y la diferencia fue mayor durante la condición de reforzamiento. Los resultados del presente experimento son congruentes con los resultados de este y otros estudios en lo que se encontró una diferencia en el nivel de variabilidad entre grupos acoplados y grupos en los que se reforzó la variabilidad (e.g., Neuringer et al., 2001). Con base en estos resultados puede concluirse que el alto nivel de variabilidad observado en el Grupo Variable mostrado con los análisis del valor de U y el porcentaje de secuencias diferentes se debe a las contingencias de reforzamiento aplicadas a la propia variabilidad y no a algún efecto secundario de la extinción o el reforzamiento intermitente (Neuringer, 2002). Igual que los resultados de estudio previos, los presentes resultados apoyan el argumento de que la variabilidad puede ser considerada como una dimensión operante (Jensen et al., 2011; Neuringer, 2002; Neuringer & Jensen, 2012; Page & Neuringer, 1985).

En relación con el número de palancas se encontró un ligero efecto en el nivel de la variabilidad entre condiciones con un diferente número de operandos. En general la variabilidad medida con el valor de U y el porcentaje de secuencias diferentes fue menor en la condición de 4 palancas – 4 respuestas que en la condición de 2 palancas – 8 respuestas. El efecto, sin embargo, fue más claro con el porcentaje de secuencias diferentes que con el valor de U. En el experimento de Jensen et al., (2011) no se podía observar un efecto sistemático entre los diferentes operandos debido a que el número de opciones cambiaba cada sesión. Por el contrario, en este experimento se mantuvo vigente un mismo número de palancas hasta que se observó estabilidad en el número de ensayos reforzados lo que permitiría observar un cambio sistemático a través de las diferentes condiciones con 2 y 4 palancas.

Además de algunas diferencias en el nivel de variabilidad, se observaron efectos de aumentar el número de palancas en otras medidas. Un efecto que se pudo observar relacionado con el incremento en el número de palancas fue el aumento en el porcentaje de ensayos reforzados y en los TER y TEE principalmente en el Grupo Acoplado. Para el Grupo Variable se observó una disminución en el número de ensayos reforzados en función del criterio de Lag, lo cual es congruente con los resultados reportados previamente en otros estudios sobre variabilidad (Page & Neuringer, 1985). Jensen et al. (2011) reportaron en su experimento los TERs en función del número de operandos y encontraron que a mayor cantidad de operandos mayores tiempos entre respuestas. Los autores argumentaron que sus resultados eran congruentes con estudios realizados con humanos, en los cuales se encontraba que entre más opciones tuvieran para elegir, mayor era el tiempo que tardaban en responder. No obstante, en el presente experimento no se encontró el mismo resultado. En el caso del Grupo Variable no se observaron diferencias sistemáticas en los TERs entre 2 y 4 palancas. Sin embargo, en los TEE se encontró

el efecto contrario en ambos grupos, mientras más palancas menor tiempo entre ensayos. Jensen et al., no reportaron los TEE, por lo que no se puede realizar una comparación entre esas variables. La diferencia entre los grupos de los TER y TEE podría estar relacionado con la disminución del porcentaje de ensayos reforzados mostrados en las Figura 4. Debido a que los sujetos del Grupo Acoplado tardaban más en responder sus sesiones terminaban por límite de tiempo y no por máximo de ensayos, lo que generaba una menor cantidad de ensayos reforzados en comparación con el otro grupo. En los TER se pudo observar una ligera disminución de los tiempos en la Condición 4 palancas – 4 respuestas en comparación con las otras condiciones. Ese efecto podría deberse nuevamente a que aumentar el número de operandos induzca una respuesta más rápida entre un ensayo y otro o que disminuir el número de respuestas haga más fácil la tarea de responder.

En relación con el porcentaje de ensayos reforzados, un resultado común es que criterios de variabilidad más estrictos, por ejemplo, un Lag 50, genera un menor porcentaje de ensayos reforzados debido a que aparentemente se vuelve más “difícil” cumplir con el criterio. Page y Neuringer (1985) mostraron un porcentaje de ensayos reforzados entre 85 y 90 % con criterios de Lag 5 y 10. En este experimento, se observó que durante la primera Condición 2 palancas – 8 respuestas, el porcentaje de ensayos reforzados disminuyó de cerca de 100 a aproximadamente 90 % conforme el criterio de Lag aumento de 1 a 5 y 10. En la Condición 4 palancas – 4 respuestas, se pudo observar una disminución más pronunciada en función del criterio de Lag que en la condición anterior con 2 palancas – 8 respuestas. Por lo tanto, el porcentaje de ensayos reforzados más bajo se observó en la condición 4 palancas – 4 respuestas con un criterio de Lag 10. Una explicación es que el incremento en el número de palancas hacen más “complicada” la tarea de forma similar al criterio de Lag. Sin embargo, es difícil interpretar el efecto únicamente

en términos del número de palancas debido a que el número de respuestas se redujo de 8 a 4 entre las dos condiciones. Similar al resultado del presente experimento, Page y Neuringer (1985) reportaron que a mayor cantidad de respuestas mayor porcentaje de ensayos reforzados. Existe la posibilidad de que reducir el número de respuestas tenga el mismo efecto que aumentar el número de operandos, pero es difícil apoyar esta afirmación con los resultados del presente experimento.

Otro efecto observado relacionado con el número de operandos fue la distribución de las respuestas entre las diferentes opciones, analizados como el porcentaje de permanencia, la proporción de respuestas y la frecuencia relativa. Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron similares a los reportados por Jensen et al., (2011), mientras más opciones para responder hay un mayor porcentaje de permanencia en la misma palanca en el Grupo Variable en comparación con el valor predicho. En el Grupo Acoplado se pudo ver un alto índice de permanencia en todas las condiciones. Un efecto observado con este análisis es que mientras más estricto era el criterio de Lag más cercano al valor predicho fueron los datos obtenidos.

El análisis de frecuencias relativas permitió conocer en un nivel más detallado el efecto tanto de los criterios de Lag como del aumento de palancas. Se observó que, para los sujetos maestros, quienes estuvieron expuestos al criterio de variación, hubo una mayor cantidad de secuencias diferentes realizadas en comparación con los sujetos acoplados en todas las condiciones. Un segundo efecto que se observó fue que en las ratas maestras las secuencias que más ocurrieron fueron heterogéneas, cambiaban más entre las palancas, que las ratas acopladas en quienes las secuencias con mayor frecuencia fueron homogéneas. Este análisis es complementario a los datos mostrados en la Tabla 1 sobre la proporción de permanencia. Se observó que para los sujetos experimentales hay una mayor cantidad de secuencias con las

palancas 1 y 3 que, con los sujetos acoplados, en quienes se generalizaron las respuestas únicamente en las palancas 2 y 4. Durante la misma condición, se pudo observar que para ambos grupos hubo un aumento en la cantidad de secuencias que ocurrieron.

El presente estudio mostró un control de las contingencias sobre el nivel de variabilidad independientemente del número de operandos o respuestas debido a que se observaron diferencias entre el Grupos Variable y Acoplado. A pesar de que se observó únicamente una ligera disminución en la variabilidad al aumentar el número de palancas de 2 a 4 palancas, los resultados fueron similares a los reportados previamente (Jensen et al., 2011; Page & Neuringer, 1985). Una posible conclusión podría ser que aumentar número de operandos no produce una disminución tan marcada del nivel de variabilidad en animales no humanos, en contraste con lo reportado en estudios con humanos (Baddeley, 1968). Sin embargo, en este experimento existe el problema de que el cambio en el número de operandos estuvo acompañado de un cambio en el número de respuestas. Debido al diseño de este experimento es imposible dissociar una variable de otra, ya que para mantener constante el número de posibles secuencias es necesario modificar una de las otras dos variables.

## **Experimento 2**

En el Experimento 1 con el propósito de mantener constante el número de posibles secuencias en ambas condiciones se manipuló el número de respuestas por ensayo dependiendo del número de operandos, similar al procedimiento de Jensen et al., (2011) con palomas. Sin embargo, ese cambio en el procedimiento abre la pregunta de si los efectos observados sobre la variabilidad observada en la Condición 4 palancas - 4 respuestas del Experimento 1 se debe exclusivamente al incremento en los operandos.

Estudios previos han mostrado evidencia de que manipular el número de respuestas por ensayo puede tener un efecto sobre el nivel de variabilidad. Page y Neuringer (1985) observaron que a mayor número de respuestas mayor nivel de variabilidad y mayor frecuencia de reforzamiento. Neuringer et al., (2000) realizaron otros experimentos con el propósito de investigar si el reforzamiento de la variabilidad conductual facilitaba la adquisición de una secuencia con un número diferente de respuestas. En su primer experimento con ratas como sujetos tuvieron 5 fases durante las cuales reforzaron la ocurrencia de una secuencia objetivo distribuidas en dos operandos. En la primera y segunda fase la secuencia objetivo era de 3 respuestas, en la tercera fase fue de 4 respuestas y en la quinta fase fue de 5 respuestas. Los resultados del experimento mostraron un mayor nivel de variabilidad en la fase de 5 respuestas que en las otras fases con menos respuestas.

La interacción entre el número de operandos, el número de respuestas por ensayo y el número de secuencias posibles, como lo describieron Jensen et al. (2011), dificulta aislar el efecto del número de operandos. Sin embargo, es posible mantener constante el número de operandos en diferentes grupos de ratas mientras se explora el efecto de variar el número de respuestas por ensayo. El objetivo de este experimento fue comparar el efecto de manipular el número total de posibles secuencias sobre el nivel de la variabilidad en dos grupos de ratas, uno con 2 palancas y otro con 4 palancas. Ambos grupos fueron expuestos a dos condiciones en las que se manipuló el número de respuestas por ensayo, una condición con 4 y otra 8. El cambio en el número de respuestas generó un número diferente de posibles secuencias en cada grupo y condición debido a la relación entre la cantidad de operandos y el número de respuestas. En el grupo con 2 palancas, en una condición las secuencias posibles fueron 16 y en la otra 256, mientras que en el grupo con 4 palancas en una condición fueron 256 y en la otra 65, 536. Este

último valor no ha sido reportado previamente en procedimientos de variabilidad operante, por lo que se desconoce el efecto que tiene sobre la variabilidad conductual.

## **Método**

### **Sujetos**

Ocho ratas *Wistar* macho de aproximadamente 3 meses de edad al comienzo del experimento y privadas al 80% de su peso ad libitum. Los sujetos se alojaron en cajas individuales y tuvieron acceso libre a agua durante todo el experimento. Los sujetos se dividieron al azar en dos grupos de 4 ratas cada uno. Los sujetos fueron cuidados y mantenidos de acuerdo con las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 verificada por el Comité para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

### **Aparatos**

Se construyeron 4 cajas de condicionamiento operante. Las medidas y características de las cajas fueron las mismas que en el Experimento 1 para todas las cajas. Dos de las cajas tenían dos palancas en el panel frontal y las otras dos tuvieron 4 palancas. Las palancas se colocaron equidistantemente una de la otra con una distancia entre el piso y las palancas de 6 cm. Los eventos de todas las cajas fueron controlados por medio de la interfaz Arduino- Visual Basic (Escobar & Pérez-Herrera, 2015). Todas las cajas se colocaron dentro de cajones sonoro-amortiguados de madera y durante todas las sesiones se reprodujo un ruido blanco de 60 dB. Se utilizó el mismo programa de Visual Studio 2019 para generar los valores conforme a un modelo computacional aleatorio.

### **Procedimiento**

Los sujetos se dividieron en dos grupos de 4 ratas. Para un grupo se usaron solamente las cajas con dos palancas (Grupo 2-palancas) y para el otro las cajas con cuatro palancas (Grupo 4-

palancas) durante todo el experimento. Se utilizó un procedimiento de moldeamiento por aproximaciones sucesivas para establecer el palanqueo en la caja con dos o cuatro palancas. Durante el moldeamiento se entrenó la presión a cualquiera de las palancas presentes. Una vez establecida la respuesta en cualquiera de las palancas, se inició un programa de cambio. El programa de cambio funcionó de la misma forma descrita en el Experimento 1, cada palanca estuvo activa hasta que se entregaran 5 reforzados consecutivos y el programa estuvo activo hasta que se entregaron 40 reforzadores durante 2 sesiones consecutivas. Posteriormente se estableció un programa RF 2 que aumentó gradualmente a un RF 4,6 y 8. Durante este programa las respuestas en cualquiera de las palancas restantes eran registradas, pero no tenían consecuencias programadas. El criterio para cambiar al valor de la razón fue que se entregaran 50 reforzadores durante dos sesiones consecutivas. Cada sesión diaria terminó después de 40 minutos o cuando se entregaron 50 reforzadores lo que ocurriera primero. Una vez cumplido el criterio del RF 8 se inició la fase experimental.

### ***Fase experimental***

Durante la fase experimental se utilizó un procedimiento de Lag 5 como criterio de variabilidad. La ocurrencia de la primera respuesta encendía la primera luz del panel frontal, la segunda respuesta encendía la segunda luz y así sucesivamente hasta que se cumplían las respuestas requeridas en cada condición y en cada grupo. Si las respuestas ocurridas durante el ensayo cumplían con el criterio de Lag entonces se apagaban todas las luces frontales, se entregaba un pellet y se encendía la luz general durante 5 s. Si las respuestas no cumplían con el requisito entonces el ensayo terminaba en tiempo fuera durante el cual se apagaba todas las luces y se encendía un tono de 70 dB durante 5 s. Se programó un TER y un TEE de 0.5 s y 5 s respectivamente durante los cuales las respuestas que ocurrían eran registradas, pero reiniciaban

el TER o el TEE. El criterio de Lag fue el mismo para ambos grupos y en todas las condiciones experimentales.

En cada grupo con 2 o 4 palancas, se tuvieron dos condiciones experimentales en las cuales se manipuló el número de respuestas por ensayo. En una condición el número de respuestas por ensayo fueron 4 (Condición 4 respuestas), y el otra fueron 8 respuestas (Condición 8 respuestas). Para el Grupo 2-palancas en la condición con 4 respuestas se generó un total de 16 posibles secuencias y en la otra condición un total de 256 secuencias posibles. Para el Grupo 4-palancas en la condición con 4 respuestas el total de secuencias posible fue 256 y en la otra condición se tuvo un total de 65, 536 secuencias posibles. Cada condición se presentó 25 sesiones y se presentaron aleatoriamente con la restricción de que cada condición no se repitiera más de dos veces seguidas. Las sesiones se condujeron diariamente y terminaban después de 50 ensayos o 40 minutos, lo que ocurriera primero.

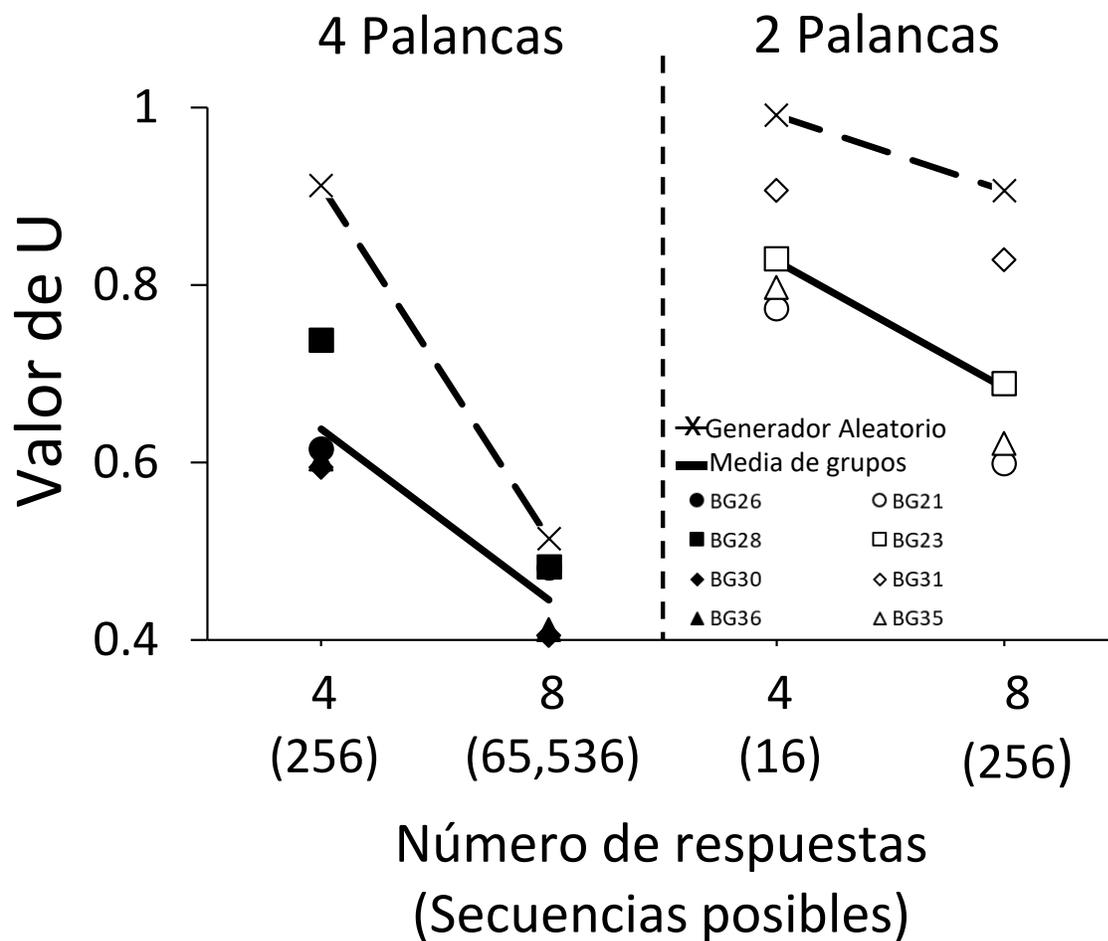
### **Resultados**

Los análisis están basados en los promedios de las últimas 6 sesiones de cada condición para todos los sujetos. La Figura 12 muestra los valores de U en función del número de respuestas (4 u 8 respuestas) en los grupos con 2 o 4 palancas. El valor de U disminuyó para ambos grupos cuando el número de respuestas por ensayo aumentó de 4 a 8. Adicionalmente, se observó una diferencia sistemática entre los grupos con 2 y 4 palancas. Para el grupo con 2 palancas se observó un mayor valor de U en ambas condiciones. Los valores de U en las ratas mostraron la misma tendencia descendente que los datos del modelo computacional aleatorio en función del número de respuestas por ensayo. Sin embargo, los valores de las ratas fueron menores que los del modelo aleatorio. Para el grupo con 4 palancas en la condición con 8

respuestas los valores en las ratas se aproximan a los generados por el modelo computacional aleatorio.

**Figura 12.**

*Valor de U*



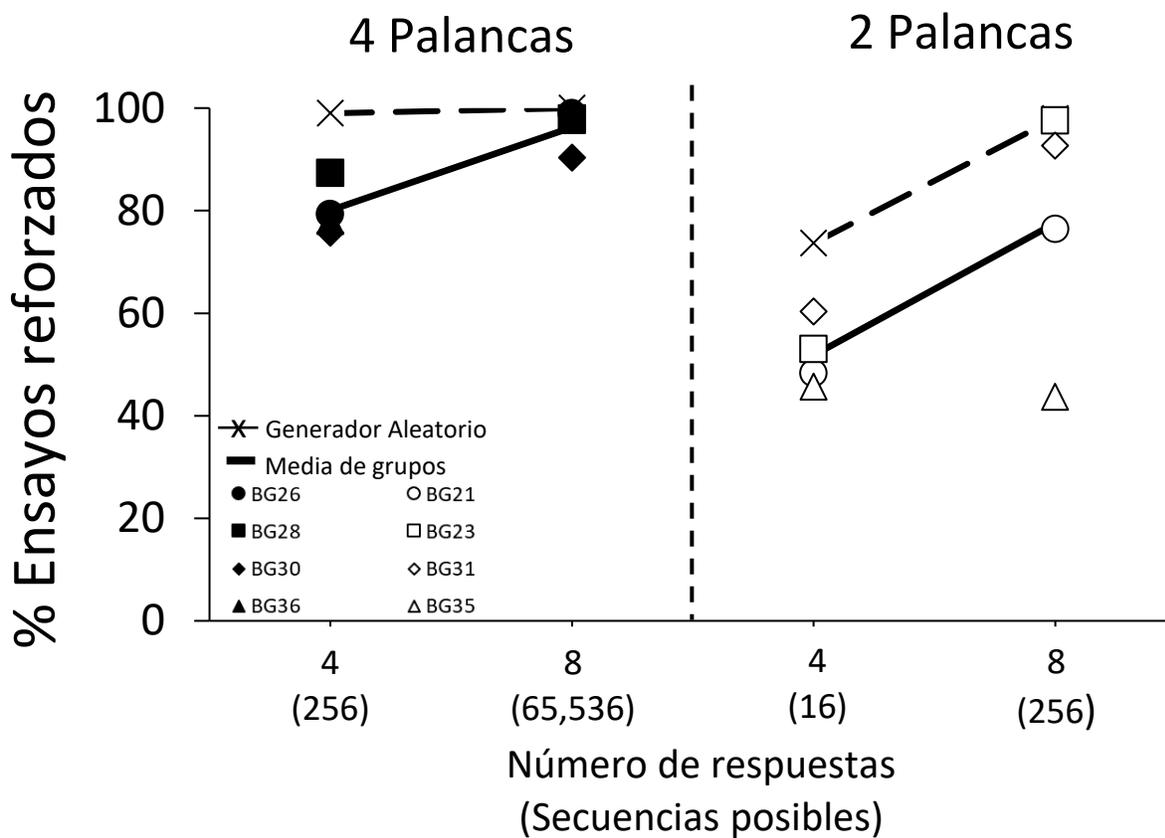
*Nota.* Promedio de las últimas 6 sesiones de cada condición del valor de U en ambas condiciones. Los marcadores negros individuales representan los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los marcadores blancos del Grupo 2-palancas. Las líneas negras representan el promedio de los grupos y la línea con el marcador X representa los datos del modelo computacional aleatorio.

La Figura 13 muestra para ambos grupos un aumento en el porcentaje de ensayos reforzados en la condición de 8 respuestas. Los datos del modelo aleatorio fueron similares a los datos en las ratas en el grupo con 2 palancas, ambos mostraron una tendencia de incremento en función de las respuestas. Sin embargo, los datos de las ratas fueron menores a los obtenidos por el modelo aleatorio. Para el grupo con 4 palancas los datos del modelo aleatorio permanecieron iguales en ambas condiciones, en cambio los datos en las ratas mostraron una tendencia de incremento en función de las condiciones. Por lo que, los datos en las ratas en la condición con 8 respuestas se acercaron a los generados por el modelo computacional aleatorio.

La Figura 14 muestra el porcentaje de secuencias diferentes relativo al número total de posibles secuencias en ambas condiciones para ambos grupos. El porcentaje se calculó considerando el número de secuencias diferentes en cada sesión como un porcentaje del total de secuencias posibles. Las secuencias posibles fueron diferentes para cada grupo, para el Grupo 2-palancas el total posible fue de 16 y 256, mientras que para el Grupo 4-palancas las secuencias totales fueron 256 y 65,536 en la condición 4 y 8 respectivamente. De igual forma, se muestran los datos generados por el modelo computacional aleatorio. Se observó una disminución marcada cuando el requisito cambió de 4 a 8 respuestas por ensayo. Los datos del modelo aleatorio mostraron la misma tendencia decreciente que los datos en las ratas. Se observó una diferencia sistemática entre el grupo con 2 y 4 palancas en ambas condiciones, siendo el porcentaje más alto en el grupo con 2 palancas.

Figura 13.

Porcentaje de ensayos reforzados

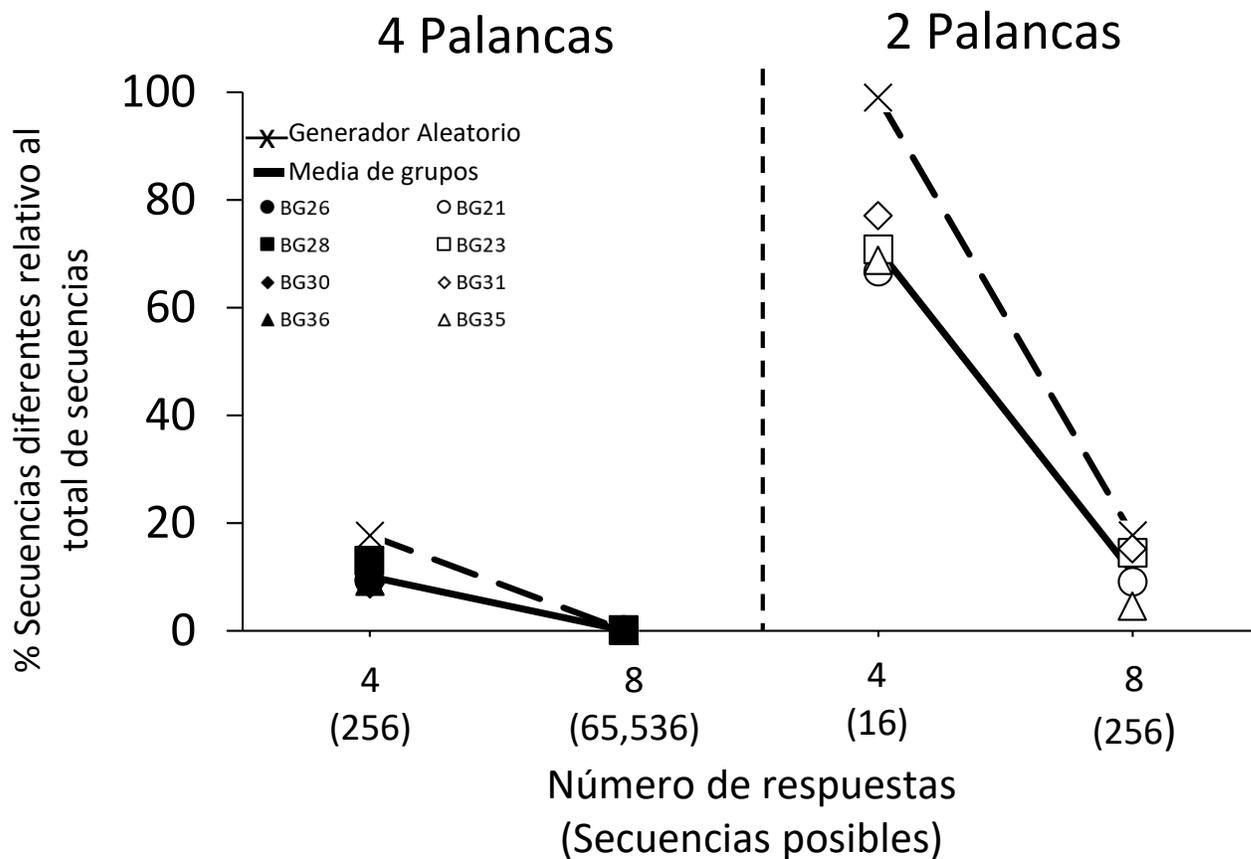


*Nota.* Promedio de las últimas 6 sesiones de cada condición del porcentaje de ensayos reforzados en ambas condiciones. Los marcadores negros individuales representan los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los marcadores blancos del Grupo 2-palancas. Las líneas negras representan el promedio de los grupos y la línea con el marcador X representa los datos del modelo computacional aleatorio.

Los resultados del porcentaje de secuencias diferentes relativo al número de secuencias posibles son congruentes con los valores de U reportados en la Figura 12, menor nivel de variación mientras mayor cantidad de posibles secuencias. Es pertinente señalar que en el grupo con 4 palancas ocurrieron entre 130 hasta 240 secuencias diferentes en las ratas, mientras que en el otro grupo el rango de secuencias diferentes en esa condición fue desde 30 hasta 130 secuencias diferentes. Diferentes autores han argumentado que el valor de U es una medida global que no es un descriptor útil de la variación (Barba, 2012; Kong, 2017, Machado & Tonneau, 2012; Nergaard & Holth, 2020). Por ejemplo, Barba (2012) argumentó el valor de U como medida de la variabilidad puede ser inapropiada ya que el cálculo considera todas las posibles opciones cuando solo alguna o pocas son usadas. Por ejemplo, con una secuencia de 4 respuestas distribuidas en 2 operandos hay un total de 16 secuencias posibles si se usa un criterio de Lag 3 para reforzar una secuencia es probable que solo ocurran 4 de las 16 secuencias posibles ya que eso permite cumplir con el criterio de reforzamiento. Sin embargo, en el cálculo de U se realizara con las 16 posibles secuencias lo que resultara en un bajo nivel de variabilidad, pero probablemente sea diferente si el cálculo se realiza con las secuencias realizadas y no con todas las secuencias posibles. Un efecto similar se observa también con el porcentaje de secuencias diferentes si este se calcula relativo al total de secuencias posibles. Por ese motivo, se realizó un segundo análisis del porcentaje de secuencias diferentes, pero relativo al número de ensayos que ocurrían por sesión, el cual era 50.

**Figura 14.**

*Promedio del porcentaje de secuencias diferentes relativo a todas las secuencias posibles.*

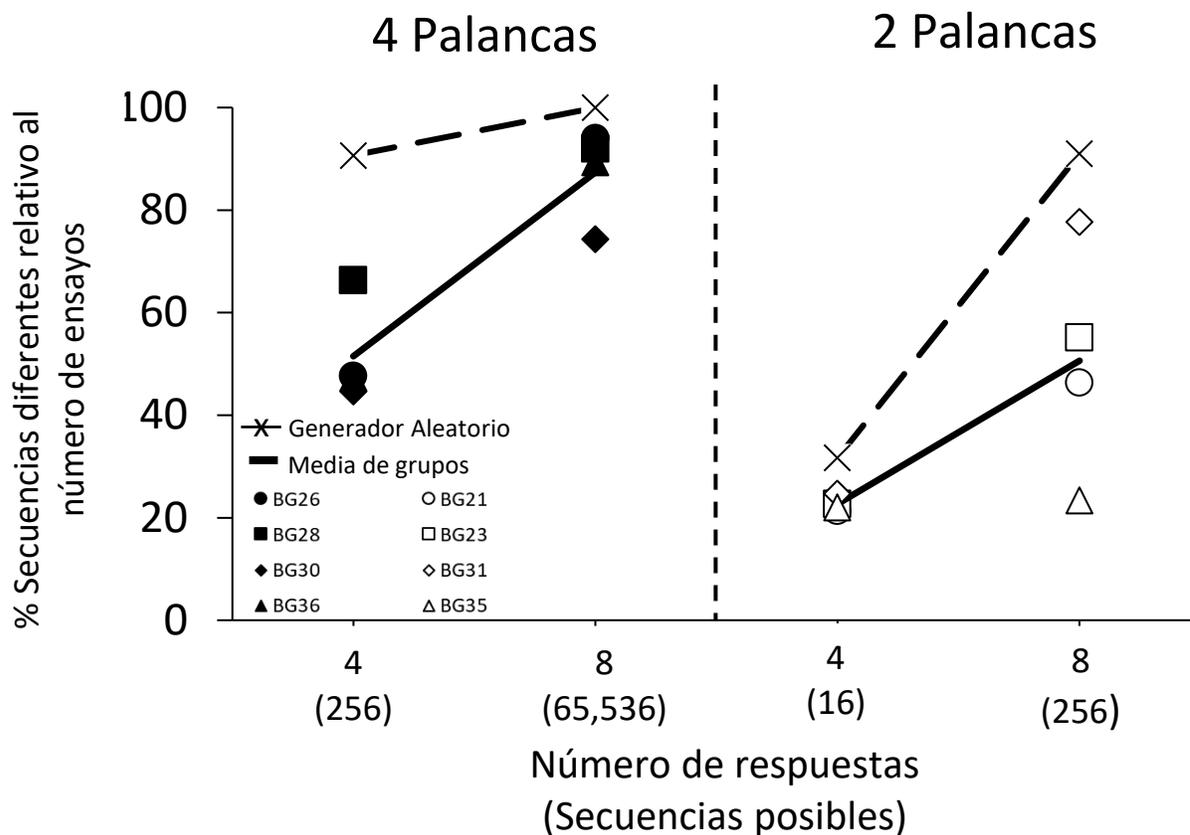


*Nota.* Promedio de las últimas 6 sesiones de cada condición del porcentaje de secuencias diferentes relativo a las secuencias posibles en ambas condiciones. Los marcadores negros individuales representan los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los marcadores blancos del Grupo 2-palancas. Las líneas negras representan el promedio de los grupos y la línea con el marcador X representa los datos del modelo computacional aleatorio.

La Figura 15 muestra el porcentaje promedio de secuencias diferentes relativo a los ensayos en ambas condiciones, en ambos grupos y los datos obtenidos con el modelo aleatorio. Se observó una tendencia creciente en función del número de respuestas, 4 u 8, en ambos grupos. La figura muestra una diferencia sistemática entre grupos en ambas condiciones, siendo mayor el porcentaje de secuencias diferentes en las ratas del grupo con 4 palancas. En el grupo con 2 palancas los datos se asemejan a los datos del modelo aleatorio en la condición con 4 respuestas, pero se alejan en la otra condición, siendo menor el porcentajes de los datos en las ratas que los del modelo aleatorio. Para el grupo con 4 palancas los datos en las ratas se aproximan a los datos del modelo aleatorio en la condición con 8 respuestas, pero se alejan en la condición con 4 respuestas. El análisis del porcentaje de secuencias diferentes relativo al número de ensayos por sesión mostró, contrario al porcentaje de secuencias diferentes relativo al total de secuencias, un nivel de variabilidad más alto con un requisito de respuestas por ensayo mayor. Sin embargo, debido a las diferencias entre los grupos con 2 o 4 palancas en la condición con 8 respuestas existe la posibilidad que el porcentaje alto para el grupo con 4 palancas se deba a la cantidad de secuencias posibles (65, 536) y no al número de respuestas. Esta posibilidad se exploró en el siguiente experimento.

**Figura 15.**

*Promedio del porcentaje de secuencias diferentes relativo a los ensayos de cada sesión.*

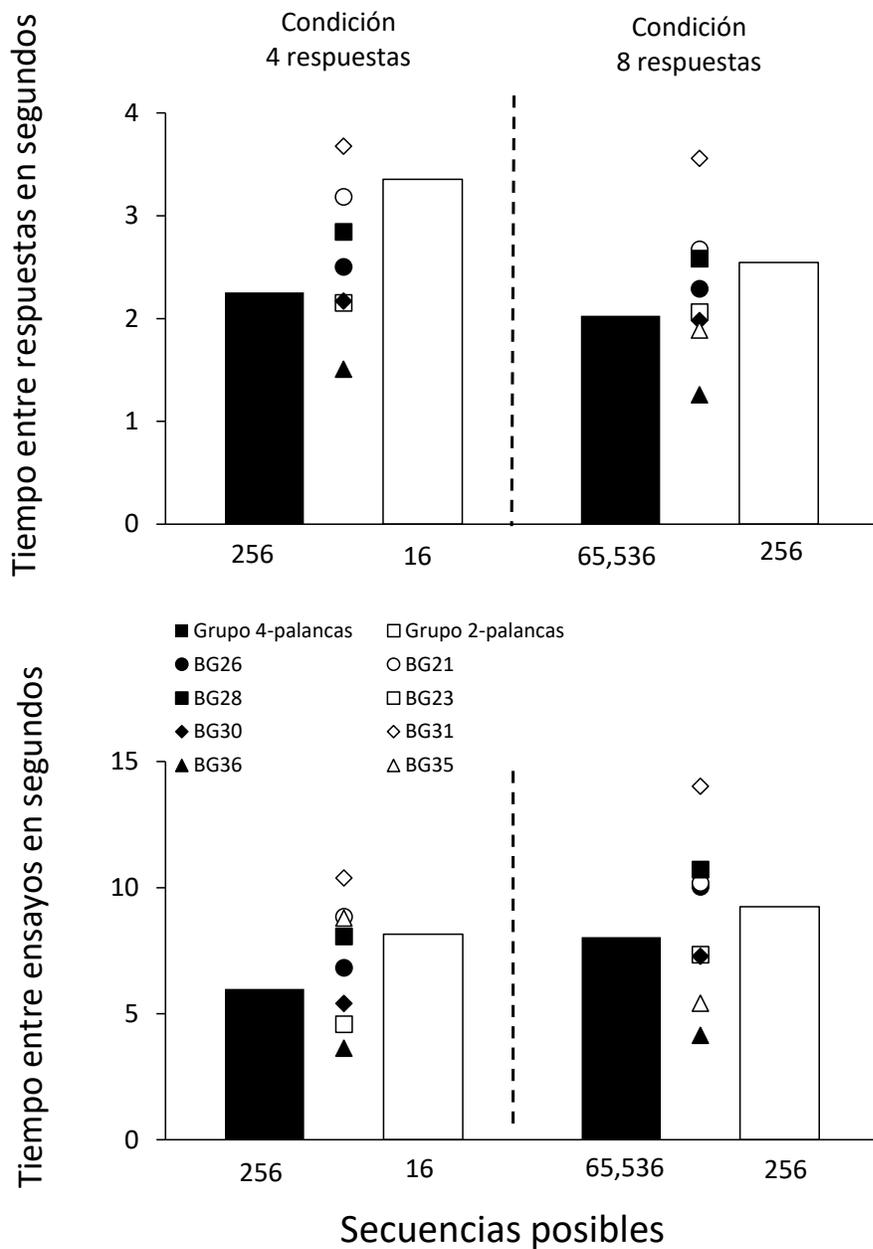


*Nota.* Promedio de las últimas 6 sesiones de cada condición del porcentaje de secuencias diferentes relativo a los ensayos en ambas condiciones. Los marcadores negros individuales representan los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los marcadores blancos del Grupo 2-palancas. Las líneas negras representan el promedio de los grupos y la línea con el marcador X representa los datos del modelo computacional aleatorio.

La Figura 16 muestra el promedio de los TERs en el panel superior y los TEEs en el panel inferior de ambos grupos en ambas condiciones. En el caso de los TER los tiempos obtenidos fueron mayores a los programados en ambas condiciones y en ambos grupos. En la condición 4 respuestas se observaron TERs mayores para el grupo con 2 palancas que para el otro grupo. En la Condición 8 respuestas hubo una disminución en los tiempos en ambos grupos. Se observaron TERs mayores en la condición con 4 respuestas que en la otra condición, sin embargo, los TERs en el grupo con 4 palancas fueron muy similares en ambas condiciones. En el caso de los TEE para el grupo con 2 palancas fueron mayores que en el otro grupo. En la condición con 4 respuestas los TEE del grupo con 4 palancas fueron cercanos al TEE programado, en cambio para el grupo con 2 palancas los TEE fueron mayores

**Figura 16.**

*Promedio de los tiempos entre respuestas y tiempos entre ensayos.*

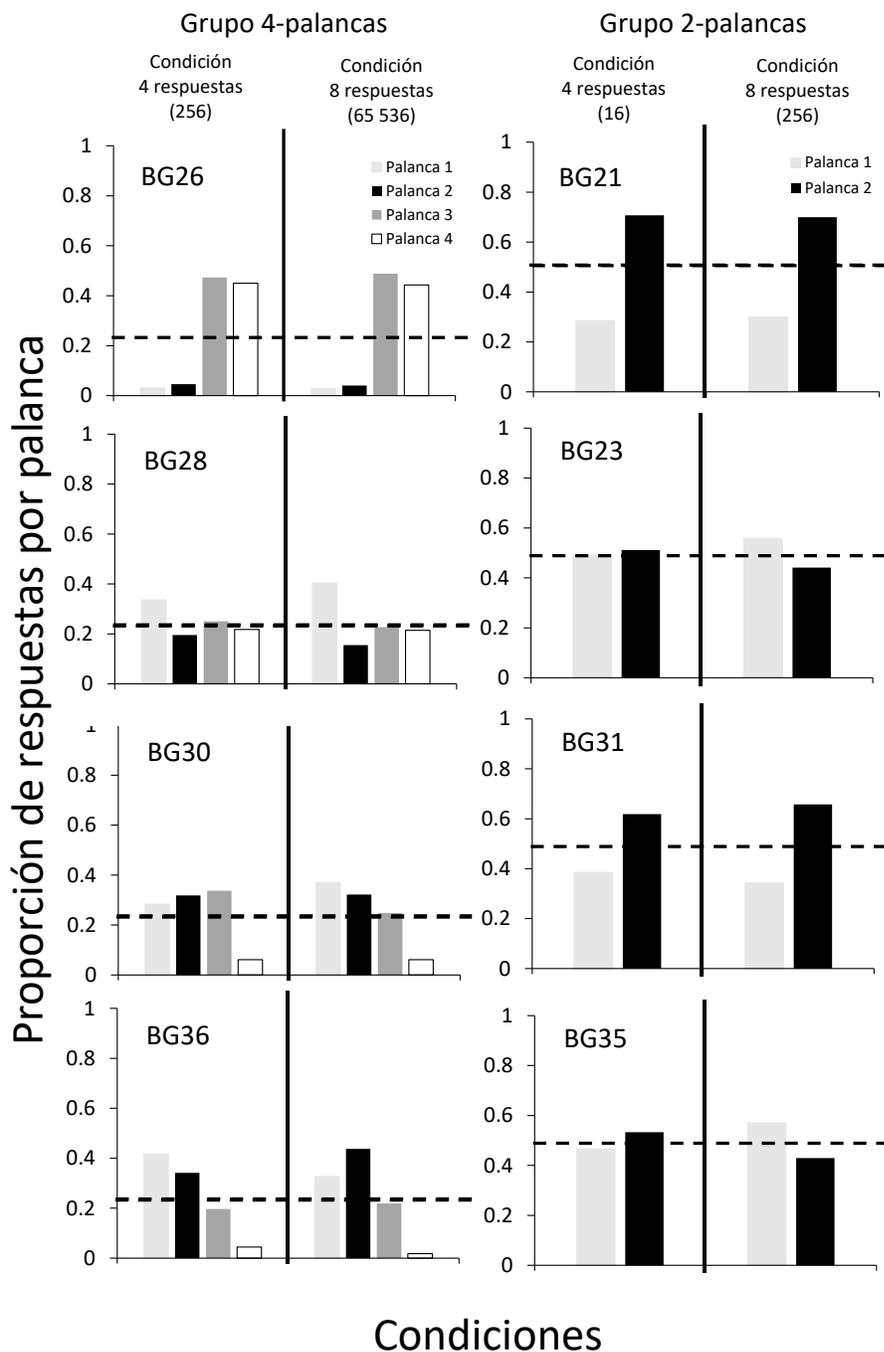


*Nota.* Promedio de las últimas seis sesiones de los tiempos entre respuestas y los tiempos entre ensayos. Las barras negras representan el promedio del Grupo 4-palancas y las barras blancas del Grupo 2-palancas.

La Figura 17 muestra el análisis de la proporción de respuestas en cada palanca. Los paneles izquierdos de la figura representan los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los paneles derechos los del Grupo 2-palancas. Para el sujeto BG26 se observó una proporción mayor para las palancas 3 y 4 y proporciones muy bajas para las palancas 1 y 2 en ambas condiciones. Para BG28 hubo una mayor proporción en la palanca 1, mientras que en las otras palancas hubo una proporción cercana al punto de indiferencia en ambas condiciones. Para BG30 se observó una disminución de la palanca 3 a la 1 en la Condición 4 respuestas y de 1 a la 3 en la Condición 8 respuestas, mientras que hubo una muy baja proporción en la palanca 4 en ambas condiciones. Para el sujeto BG36 se observó una baja proporción en la palanca 4 y una mayor proporción en las palancas 1 y 2 en ambas condiciones. Para BG21 y BG31 del Grupo 2-palancas se observó una mayor proporción en la palanca 2 en ambas condiciones, para BG23 en la Condición 4 respuestas hubo una proporción similar en ambas palancas, mientras que en la Condición 8 respuestas hubo una mayor proporción en la palanca 1. Para BG35 se observó una proporción mayor en la palanca 2 en la Condición 4 respuestas y mayor en la palanca 1 en la Condición 8 respuestas. En general se observó que para el Grupo 4-palancas en la Condición 8 respuestas un aumento en la proporción de respuestas en alguna de las palancas en particular más que en las otras palancas.

**Figura 17.**

*Proporción de respuestas por palancas para ambos grupos.*



*Nota.* Las líneas punteadas representan el punto de indiferencia. Para el Grupo 4-palancas es igual a .25 y para el Grupo 2-palancas igual a .5.

La Tabla 2 muestra el análisis de la frecuencia relativa de permanencia y cambio de respuesta por palanca. Este análisis se realizó con base en el análisis reportado por Jensen et al., (2011). Una permanencia se considera como una respuesta que ocurre en la misma palanca en la cual ocurrió la respuesta previa, mientras que un cambio es una respuesta que ocurre en cualquier palanca diferente a la respuesta anterior. Por ejemplo, si la respuesta ocurrió en la palanca 1 y la siguiente respuesta ocurrió en la misma palanca 1 (11) entonces se considera una permanencia. Este análisis se realizó considerando una respuesta simple (por ejemplo, 11 o 12), para dos respuestas (111 o 121) o tres respuestas (1111 o 1221). En la tabla se muestra la comparación con la frecuencia relativa predicha por un modelo aleatorio para cada uno de los casos, la cual se calculó considerando la distribución de las respuestas sin sesgos o preferencia por alguna palanca. Los valores obtenidos son cercanos a los valores predichos en el grupo con 2 palancas en ambas condiciones, pero en el caso del grupo de 4 palancas los valores se alejan de los predichos, sobre todo en la condición con 8 respuestas y más de 65 mil posibles secuencias.

En la Figura 18 se muestra la relación lineal entre la frecuencia relativa y la obtenida de todos los casos que se mostraron en la Tabla 2. En los dos paneles superiores se muestran los resultados de ambos grupos en la condición con 4 respuestas. La relación lineal se describió con una regresión lineal utilizando al siguiente formula:

$$y = a + bx$$

En donde  $y$  es el valor del valor de predicho,  $x$  es el valor correspondiente al dato obtenido,  $a$  es el punto de origen y  $b$  es el valor de la pendiente. Si el punto de origen es de 0 o cercano a 0 se puede interpretar que los datos obtenidos son semejantes a los del modelo aleatorio (ver Jensen et al., 2011). En la figura se muestra en valor de  $a$ ,  $b$  y el valor de la variación explicada por la regresión con la  $R^2$ . Como se observa, para el caso del grupo con 2

palancas en la condición con 4 respuestas los datos obtenidos son semejantes a los valores predichos, pero en la condición con 8 respuestas se observa mayor dispersión entre los datos. En el caso del Grupo de 4 palancas en ambas condiciones se observa alta dispersión entre los datos, la cual es mayor en la condición de 8 respuestas (65, 536 posibles secuencias). Los datos de esta figura nos muestra que, a pesar de observarse alta variación en la condición con más de 65 mil posibles opciones en medidas como el porcentaje de secuencias diferentes, también hay una mayor repetición de respuesta en las mismas palancas.

**Tabla 2.**

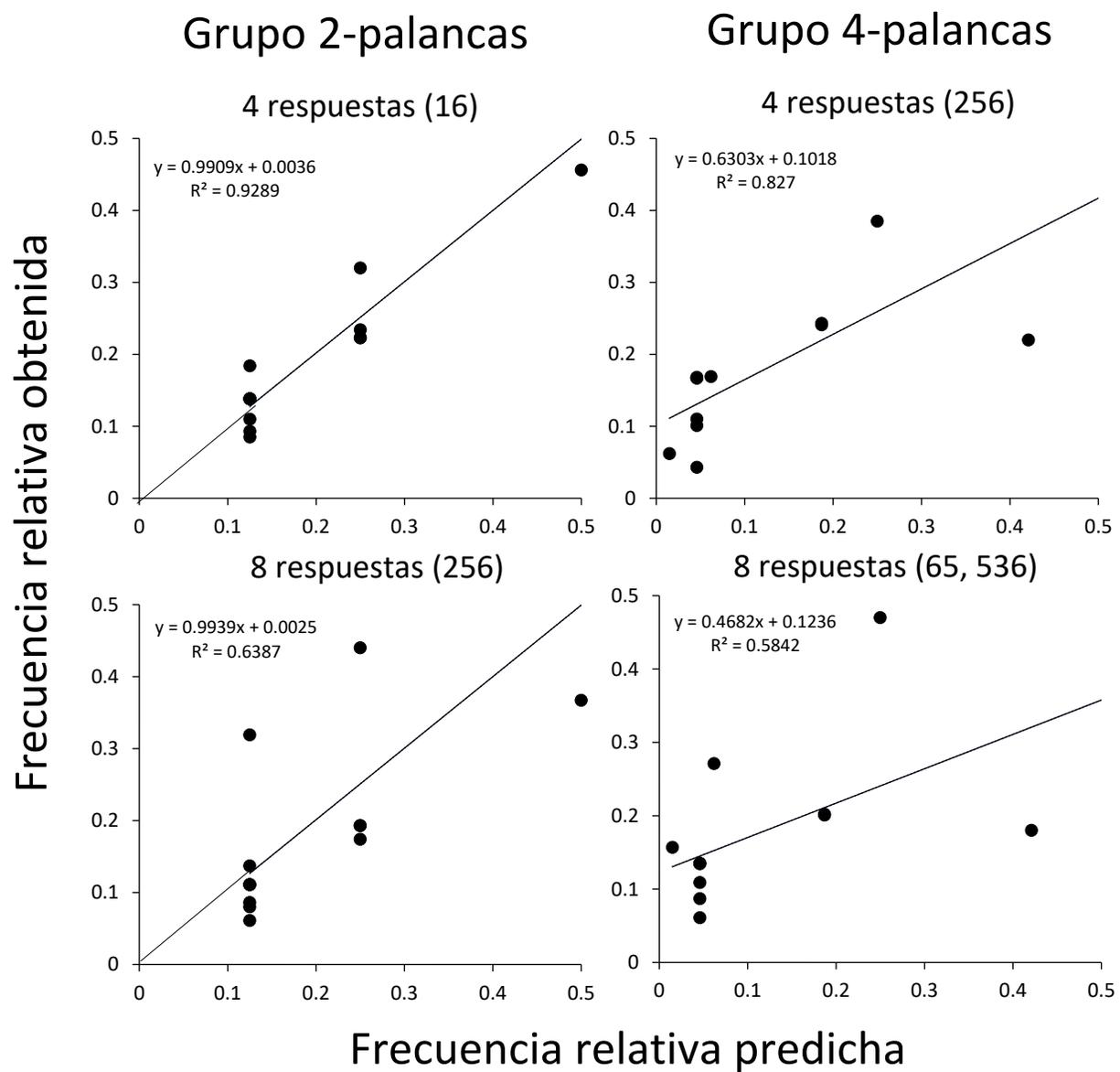
*Frecuencia relativa de permanencia y cambio en una misma palanca.*

Tipo	Predicho 2 Palancas	Obtenido 2 Palancas 4 Resps.	Predicho 2 Palancas	Obtenido 2 Palancas 8 Resps.	Predicho 4 Palancas	Obtenido 4 Palancas 4 Resps.	Predicho 4 Palancas	Obtenido 4 Palancas 8 Resps.
R	.500	.544	.500	.633	.250	.385	.250	.470
C	.500	.456	.500	.367	.750	0.615	.750	.530
RR	.250	.320	.250	.440	.062	0.169	.062	.271
RC	.250	.223	.250	.193	.187	0.241	.187	.201
CR	.250	.223	.250	.193	.187	0.243	.187	.202
CC	.250	.234	.250	.174	.562	0.442	.562	.326
RRR	.125	.184	.125	.319	.015	0.062	.015	.157
RRC	.125	.138	.125	.111	.046	0.167	.046	.135
RCR	.125	.085	.125	.086	.046	0.043	.046	.061
RCC	.125	.138	.125	.111	.046	0.167	.046	.135
CRR	.125	.138	.125	.137	.046	0.101	.046	.109
CRC	.125	.085	.125	.061	.046	0.110	.046	.087

*Nota.* R se refiere a una repetición en la misma palanca relativo a la respuesta previa y la C un cambio.

**Figura 18.**

*Relación lineal entre la frecuencia relativa de permanencia y cambio obtenida y predicha.*



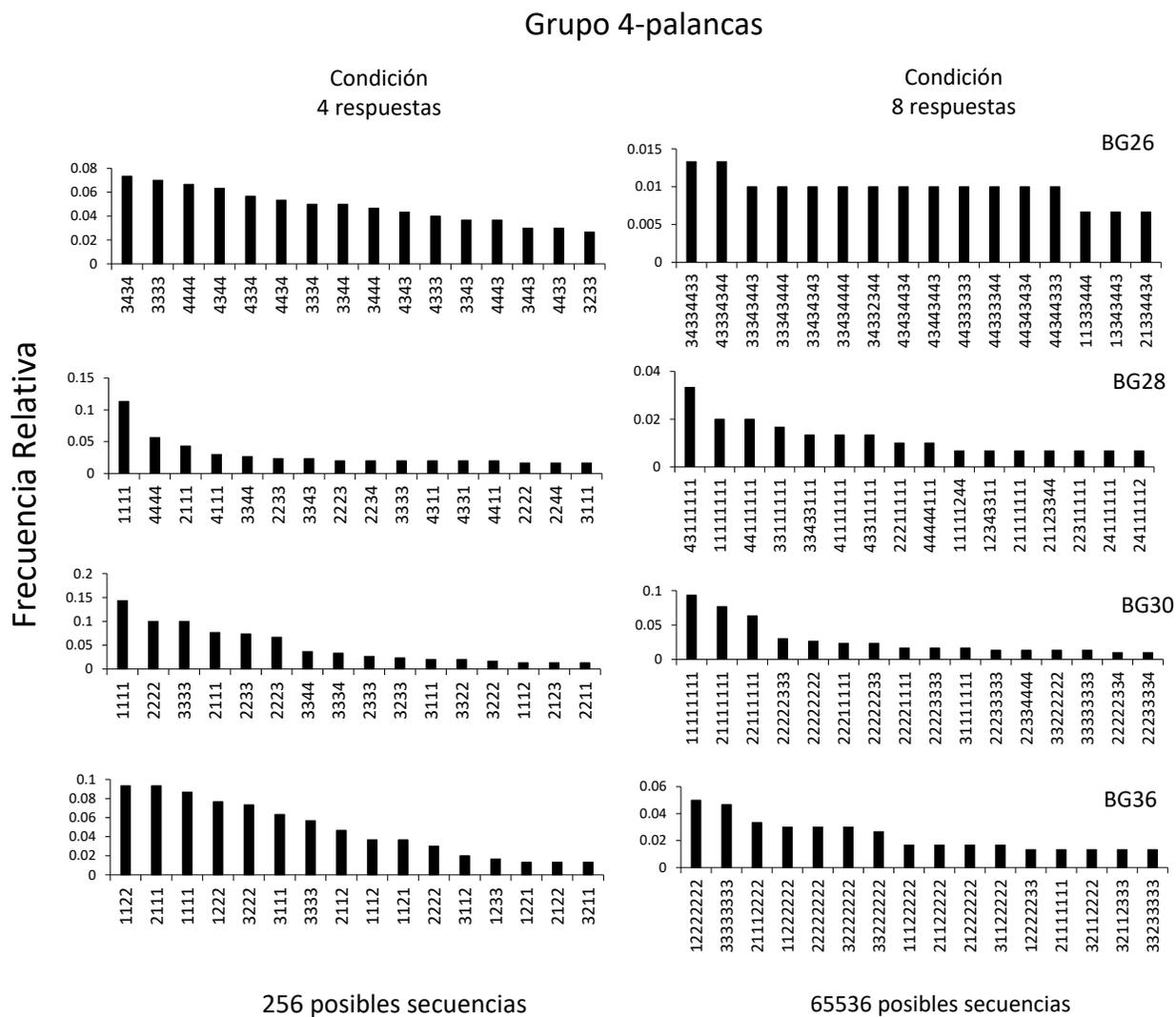
*Nota.* Los datos graficados estan basados en los datos reportados en la Tabla 2.

Se analizó la frecuencia relativa de las secuencias que ocurrieron en ambas condiciones para cada uno de los sujetos de los dos grupos. La Figura 19 muestra los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y la Figura 20 los datos del Grupo 2-palancas. El cálculo de la frecuencia consideró únicamente las secuencias que ocurrieron para cada sujeto. En el caso del Grupo 2-palancas en la Condición 4 respuestas se presentaron las frecuencias de las 16 secuencias posibles, de la misma forma en la otra condición y para el Grupo 4-palancas únicamente se presentaron las primeras 16 secuencias con mayor frecuencia.

Para los sujetos del Grupo 4-palancas, para BG26 en la Condición 4 respuestas las secuencias con mayor frecuencia fueron 3434 y 3333 mientras que en la Condición 8 respuestas la secuencia con mayor frecuencia fue 34334433. Para BG28 las secuencias que más ocurrieron fueron 1111 y 4444 en la Condición 4 respuestas y 43111111 y 11111111 en la Condición 8 respuestas. Para el sujeto BG30 en la condición de 4 respuestas las secuencias más frecuentes fueron 1111 y 2222, en la condición de 8 respuestas las secuencias que más ocurrieron fueron 11111111 y 21111111. Para BG36 las secuencias más frecuentes fueron 1122 y 2111 en la Condición 4 respuestas, mientras que en la otra condición la secuencia más frecuente fue 12222222 (ver Figura 19). La Figura 20 muestra que para todos los sujetos en la Condición 4 respuestas la secuencia que más ocurrió fue 2222 y la segunda más frecuente fue variable para cada sujeto. El mismo patrón de respuestas, principalmente en la palanca 2, se observó en la otra condición. Por ejemplo, para BG21 la secuencia que más ocurrió en la Condición 8 respuestas fue 22122222, para BG23 fue 22111111, para BG31 fue 12222222 y para BG35 fue 22222222. En general se observó en ambos grupos un aumento en la cantidad de secuencias ocurridas en la condición con 8 respuestas que, en la otra condición, pero la mayor cantidad de secuencias diferentes se encontraron en el Grupo 4-palancas con 8 respuestas.

**Figura 19.**

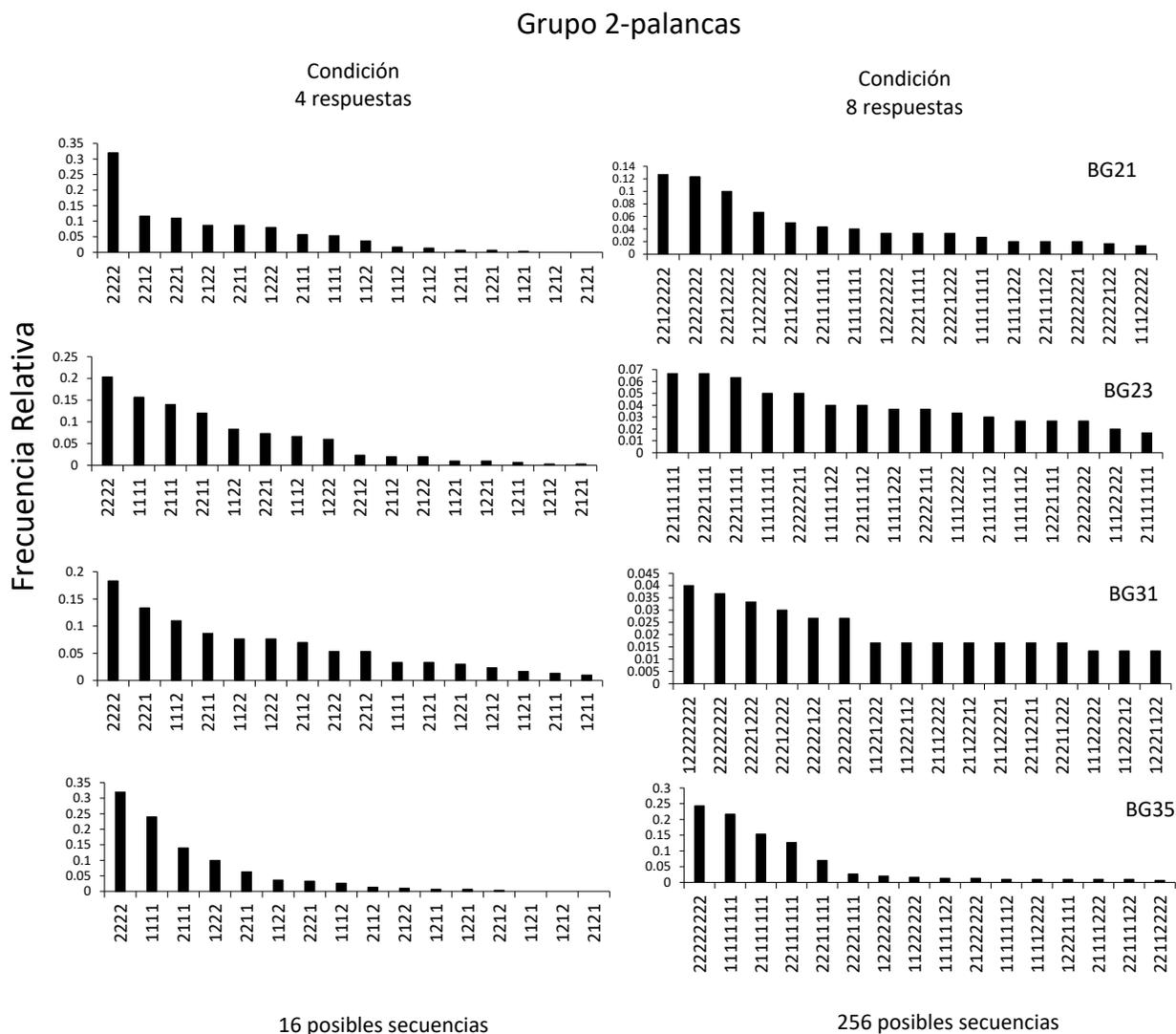
*Frecuencia relativa de las secuencias ocurridas en el Grupo 4-palancas.*



*Nota.* Frecuencias relativas de las primeras 16 secuencias con mayor frecuencia en ambas condiciones.

**Figura 20.**

*Frecuencia relativa de las secuencias ocurridas en el Grupo 2-palancas.*



*Nota.* Frecuencias relativas de las primeras 16 secuencias con mayor frecuencia en ambas condiciones.

## Discusión

El presente experimento se realizó con el propósito de investigar el efecto de variar el número de respuestas por ensayo manteniendo controlado el número de operandos. La combinación de ambas variables dio como resultado un número diferente de secuencias posibles dependiendo de la condición. De tal forma que con 4 palancas y 8 respuestas se generó un total de 65, 536 posibles secuencias, un número no reportado previamente en la literatura. El mayor número de secuencias posibles reportado previo a la realización de este experimento era 256 con palomas como sujetos generados con la combinación de 2 operandos y 8 respuestas por ensayo (Page & Neuringer, 1985). Los resultados mostraron con las medidas globales, como el valor de U y el porcentaje de secuencias diferentes relativo a las secuencias posibles, un mayor nivel de variabilidad con 8 respuestas que con 4. Sin embargo, con medidas como el porcentaje de secuencias diferentes relativo a la número de ensayos por sesión se observó el efecto contrario, mayor variabilidad con más respuestas por ensayo (8) que con pocas. Adicionalmente, se observaron diferencias sistemáticas entre el grupo con 2 y 4 palancas en ambas condiciones. Diferencias que posiblemente se explican por el número de secuencias posibles generadas y no por el número de respuestas o el número de operandos.

Una primera conclusión sobre este experimento es que en los análisis de la variabilidad conductual se deben considerar diferentes medidas para que se pueda observar un análisis completo del fenómeno. La principal variable dependiente en los estudios de variabilidad operante ha sido el valor de U o entropía que es derivado de la teoría de la información. Page y Neuringer (1985) fueron los primeros que propusieron utilizar el cálculo de la entropía como medida de la variabilidad conductual y lo hicieron para tres niveles, con una secuencia de 1, de 2 y de 3 respuestas. Antes del estudio de Page y Neuringer, las investigaciones sobre este

fenómeno tenían problemas para mostrar el efecto de una variable sobre la variación y la generalidad del fenómeno debido a que no existía una medida estándar y en cada estudio se utilizaban diferentes mediciones (Baddeley, 1966; Schwartz, 1982; Wagenaar, 1972). Por lo tanto, la implementación del valor de U como una medida estándar de la variabilidad conductual ha sido útil para poder comparar los diferentes estudios sobre variabilidad. Sin embargo, diferentes autores han argumentado que los efectos observados en las investigaciones no se deben al reforzamiento sino simplemente es un artefacto del cálculo del valor de U que es un agregado de los datos (Barba, 2012; Kong, 2017, Machado & Tonneau, 2012; Nergaard & Holth, 2020).

Kong et al., (2017) realizaron una investigación en la que realizaron diferentes análisis del valor de U con diferentes parámetros, como las opciones para responder y el número de respuestas. En sus resultados mostraron que un mismo valor de U puede resultar de distribuir las respuestas de igual forma en múltiples opciones de respuestas que de distribuirlas de diferentes formas en pocas opciones. En otras palabras, mientras más opciones de respuestas se presentan más dispersión se observará. Debido a esto los autores concluyeron que es necesario tener la información del número de opciones utilizadas en cada conjunto cuando se realice el cálculo del valor de U. Por esa razón, el valor de U debe utilizarse con precaución de preferencia junto con otras opciones de medidas de la variabilidad. El análisis del porcentaje de secuencias diferentes relativo a los ensayos realizado para este experimento es congruente con los argumentos de Kong y sus colaboradores. Al realizar otro tipo de análisis se pudo observar un nivel de variabilidad más alto cuando se tienen más secuencias posibles generadas por la combinación entre el número de palancas y el requisito de respuestas. Por lo tanto, se podría sugerir que el nivel de

variabilidad que se observe dependerá de la medida y el nivel de análisis que se esté utilizando (Barba, 2002; Kong et al., 2017; Machado, 1992).

Otra conclusión derivada de este experimento y los análisis realizados es que parece ser que una variable necesaria para inducir y explicar la variabilidad de la conducta es el número de secuencias posibles totales, más que el número de operandos o de respuestas de manera aislada. En el presente experimento se encontraron diferencias entre grupos en ambas condiciones. Sobre todo, se observó una diferencia sistemática entre los grupos en la condición 8 respuestas, en donde la única diferencia fue el número de secuencias posibles generadas. Experimentos previos han aportado información sobre una ligera disminución en el nivel de variabilidad mientras mayor es el número de respuestas por ensayo (Page & Neuringer, 1985). En este experimento cuando el requisito fueron 4 respuestas se observó un mayor nivel de variabilidad, considerando el valor de U y el porcentaje de secuencias relativo a las secuencias totales en ambos grupos. El efecto observado, por ejemplo, en el valor de U, para el Grupo 2-palancas fue congruente con los resultados previos reportados por Page y Neuringer (1985) en los que se observó un mayor nivel de variabilidad con 4 respuestas y 16 secuencias posibles que con 8 respuestas y 256 secuencias. No obstante, se pudo observar el mismo efecto en el Grupo 4-palancas independientemente del número de respuestas e incluso se observaron valores de U más bajos en ese grupo en ambas condiciones. Por otro lado, el efecto también resulta diferente al reportado por Jensen et al., (2011) en la condición de 4 operandos y 4 respuestas. Los resultados de ambos estudios parecen apoyar el argumento de que el número de operandos de forma aislada para responder no tiene un efecto sobre el nivel de variabilidad y parecen ser diferentes a los estudios con humanos (Wagenaar, 1972). Sin embargo, este experimento sugiere que el número de operandos si tiene un efecto en relación con las secuencias posibles que se pueden generar en combinación con el

número de respuestas. Una posibilidad es que la variable responsable de la disminución en el nivel de variabilidad sea el número de secuencias posibles y no el número respuestas de forma aislada. Adicionalmente, este resultado es congruente con los estudios con participantes humanos en lo que se mostraba que más opciones para responder generaban un menor nivel de variabilidad (Wagenaar, 1972).

El efecto contrario se observó en el porcentaje de secuencias diferentes relativo a los ensayos, el nivel de variabilidad fue mayor con la condición con más respuestas.

Tradicionalmente, se considera que la disminución en la frecuencia de reforzamiento incrementa la variabilidad de la respuesta (e.g., Antonitis, 1951). Los resultados del porcentaje de ensayos reforzados son congruentes con el experimento de Page y Neuringer (1985), de la misma forma se observa un porcentaje de ensayos reforzados mayor mientras más respuestas son requeridas.

Estos resultados podrían sugerir que la disminución en el valor de  $U$  en la condición de 8 respuestas puede deberse a un incremento de la frecuencia de reforzamiento en esa condición.

Otra explicación radica nuevamente en el total de posibles secuencias, al incrementar las secuencias posibles aumenta la probabilidad de que cualquier secuencia realizada sea reforzada (Jensen et al., 2011). A pesar de que ambas condiciones tenían un Lag 5, resultaba más probable repetir una secuencia con 16 posibilidad que con más de 65 mil. En el caso de este experimento, en la condición de 4 respuestas en el Grupo 2-palancas con 16 secuencias posibles había una mayor probabilidad de que ocurrieran las 16 diferentes secuencias a lo largo de una sesión. En cambio, en la condición de 8 respuestas para el Grupo 4-palancas, era imposible que ocurrieran más de 50 diferentes. A pesar de que el valor de  $U$  muestra un mayor nivel de variabilidad con 16 que, con los otras posibles secuencias, cuando se analizan las secuencias que ocurrieron

sesión por sesión y en general en las últimas 6 sesiones se puede observar que, con más secuencias posibles, ocurrían mayor variedad de secuencias diferentes.

Es posible que la incongruencia entre los estudios de animales no humanos con otros estudios, principalmente con participantes humanos se deba a dos razones. La primera es que en los primeros estudios realizados con participantes humanos no había contingencias de reforzamiento aplicadas a la propia variación por lo que la variación pudo ser producida por las instrucciones y la conducta gobernada por reglas (Neuringer, 1986). Neuringer (1986) mostró en un experimento con participantes humanos que al dar retroalimentación sobre su desempeño en la tarea se podía incrementar el nivel de variabilidad. Sin embargo, en la tarea de este estudio únicamente utilizó 2 operandos, por lo que no se observó el efecto cuando se tenían más de dos opciones para responder. La segunda posible razón puede ser el tipo de análisis realizados para interpretar los resultados. En los procedimientos con muchas opciones entre las cuales elegir se ignoraba el efecto que tenían la combinación de las opciones para responder con el requisito del número de respuestas. La cantidad de secuencias posibles totales generadas por los procedimientos eran tantas que los cálculos tendían a concluir que había baja variación relativo a todas las posibilidades. En este experimento, se mostró que es posible observar ambos efectos, alta o baja variabilidad, dependiendo del tipo de análisis que se realice.

Schwartz (2016) ha argumentado que tener muchas opciones entre las cuales elegir puede producir un efecto llamado “paradoja de la elección”, mientras más opciones más complicado se vuelve la conducta de elegir solo una opción y más efectos negativos se encuentran asociados a elegir. Su análisis se ha realizado principalmente para explicar conducta humana y en particular para explicar la elección. El argumento de Schwartz parece ser congruente con los resultados encontrados en los estudios con participantes humanos en los cuales la principal conclusión era

que los humanos, y en posiblemente en general los organismos, no podían comportarse de forma aleatoria (Baddeley, 1968; Wagenaar, 1972). Muchas opciones entre las cuales elegir parecía generar “dificultad” para variar el comportamiento y por el contrario inducía repetir las respuestas. Los estudios de Neuringer y sus colaboradores (2002, 2012) han mostrado que si se refuerza la variabilidad es posible incrementarla en cualquier especie. Sin embargo, en la mayoría de sus estudios los procedimientos rara vez abarcan más de dos opciones o más de 256 secuencias posibles lo cual dificultaba analizar si la paradoja de la elección” era un efecto que se podía observar sobre la variabilidad conductual. El presente experimento en el cual se exploraron más de 65 mil posibles secuencias parece sugerir que el efecto de la paradoja no se aplica sobre la variabilidad, pues a mayor cantidad de opciones posibles mayor nivel de variabilidad. Por lo que puede concluirse que tener muchas opciones entre las cuales elegir puede inducir variabilidad de la conducta en animales no humanos.

### **Experimento 3**

En el Experimento 2, se mantuvo controlado el número de respuestas por ensayo y el número de operandos, pero se generó un número diferente de posibles secuencias. Sin embargo, queda la pregunta si los efectos observados se deben a la cantidad de posibles secuencias totales que se generan con la combinación del número de respuestas y el número de operandos o al cambio en el número de respuestas. Uno de los efectos encontrados en el experimento anterior es que las secuencias diferentes fue distinto a los resultados reportados en los experimentos con participantes humanos en los que se utilizan múltiples opciones para responder y una tarea de múltiples respuestas. Con los humanos mientras más opciones para responder están disponibles menores niveles de variabilidad. Schwartz (2004) ha argumentado que tener múltiples opciones entre las cuales elegir tiende a generar efectos negativos en las respuestas y en la elección. Sin

embargo, el análisis de Schwartz es principalmente aplicado para explicar la conducta de los humanos. Por lo que se desconoce con certeza si resulta lo mismo con animales no humanos, debido a que el número de secuencias posibles totales es una variable que ha sido poco estudiada hasta el momento en los procedimientos de variabilidad operante con animales no humanos.

Existe la posibilidad de que la limitación de las posibles opciones para responder en experimentos con animales no humanos podría estar limitando la observación de un continuo de variabilidad más amplio como se observó en el experimento previo (e.g., Nergaard & Holth, 2020) o al contrario ser un resultado del número de respuestas (Schwartz, 2004). Por lo tanto, el objetivo del presente experimento fue comparar el nivel de variabilidad en dos grupos en los que se mantuvo controlado el número de operando para responder en 2 o 4 palancas, pero manipulando el número de secuencias posibles totales en una condición con 16 y otra con 256 opciones. Similar al Experimento 1, el número de respuestas por ensayo varió dependiendo del grupo con el objetivo de mantener constante el número de posibles secuencias en ambos grupos.

## **Método**

### **Sujetos**

Ocho ratas *Wistar* macho de aproximadamente 3 meses de edad al comienzo del experimento y privadas al 80% de su peso ad libitum. Los sujetos se alojaron en cajas individuales y tuvieron acceso libre a agua durante todo el experimento. Los sujetos se dividieron en dos grupos de 4 ratas cada uno. Los sujetos fueron cuidados y mantenidos de acuerdo con las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 verificada por el Comité para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

## **Aparatos**

Se utilizaron las mismas cuatro cajas descritas en el Experimento 2, dos cajas con dos palancas y dos con 4 palancas, y el mismo equipo de control experimental.

## **Procedimiento**

El procedimiento fue similar al descrito en el Experimento 2. Se dividió aleatoriamente a los sujetos en dos grupos de 4 ratas. Para un grupo se usaron las cajas de 2 palancas (Grupo 2-palancas) y para el otro grupo las cajas con 4 palancas (Grupo 4-palancas). El entrenamiento para palanquear, el programa de cambio y el programa de RF fueron iguales a los descritos en el Experimento 2.

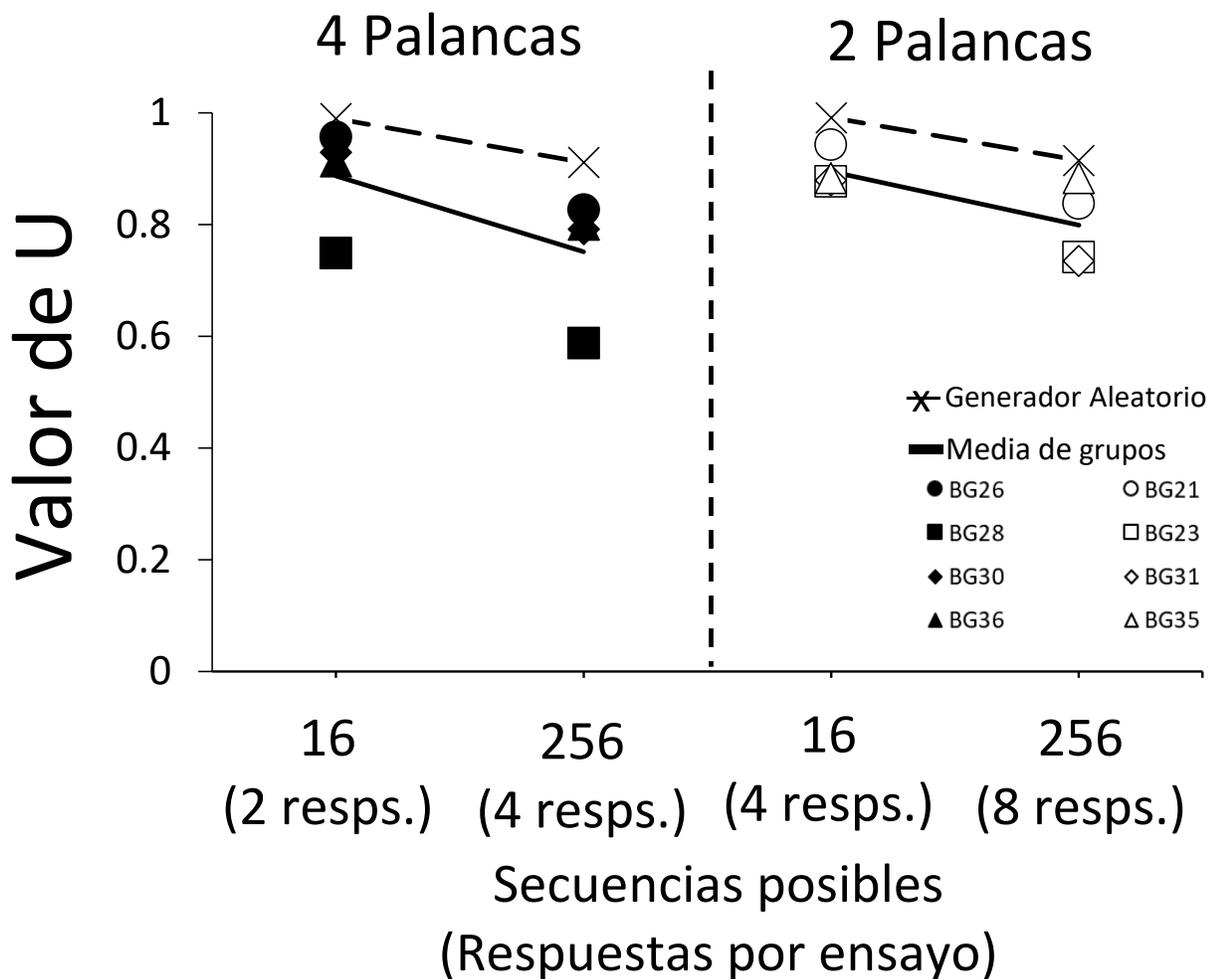
Durante la fase experimental se utilizó el mismo criterio de Lag 5 que en el experimento previo. El número de respuestas por ensayo fue diferente para cada grupo con la finalidad de controlar el número total de secuencias posibles en ambos grupos durante las condiciones experimentales. En cada grupo con 2 o 4 palancas, se programaron dos condiciones, una condición con 16 secuencias posibles y una condición con 256 secuencias posibles. Para el Grupo con 2 palancas con 16 secuencias posibles se estableció un requisito de 4 respuestas por ensayo. Para este grupo con 256 secuencias posibles el requisito de respuestas por ensayo fue de 8. Para el Grupo con 4 palancas con 16 secuencias posibles el requisito de respuestas por ensayo fue de 2. En este grupo para generar las 256 secuencias posibles el requisito de respuestas por ensayo fue de 4. Cada condición se presentó un total de 25 sesiones y se presentaron aleatoriamente con la restricción de que cada condición no se repitiera más de dos veces seguidas. Las sesiones se condujeron diariamente y terminaban después de 50 ensayos o 40 minutos, lo que ocurriera primero.

## Resultados

Los análisis están basados en los promedios de las últimas 6 sesiones de cada condición para todos los sujetos. La Figura 21 muestra los valores de U en función de las condiciones (16 o 256 secuencias posibles totales) en los grupos con 2 o 4 palancas. En el panel izquierdo con marcadores negros se observa el valor de U de los sujetos del Grupo 4-palancas en ambas condiciones y en el lado derecho se muestran los datos de los sujetos del Grupo 2-palancas con marcadores blancos. Se puede observar que en la Condición 16 Secuencias posibles el valor de U fue cercano a .9 para ambos grupos. Para ambos grupos el valor U disminuyó cuando el número de secuencias posibles aumentó de 16 a 256. Sin embargo, no se observaron diferencias sistemáticas entre los grupos con 2 y 4 palancas. Adicionalmente, se observó que los valores de U observados en las ratas mostraron la misma tendencia descendente que las líneas del modelo aleatorio en función del número de secuencias posibles. Los valores de U observados en las ratas, sin embargo, fueron menores a los generados por el modelo computacional aleatorio.

Figura 21.

Valor de U

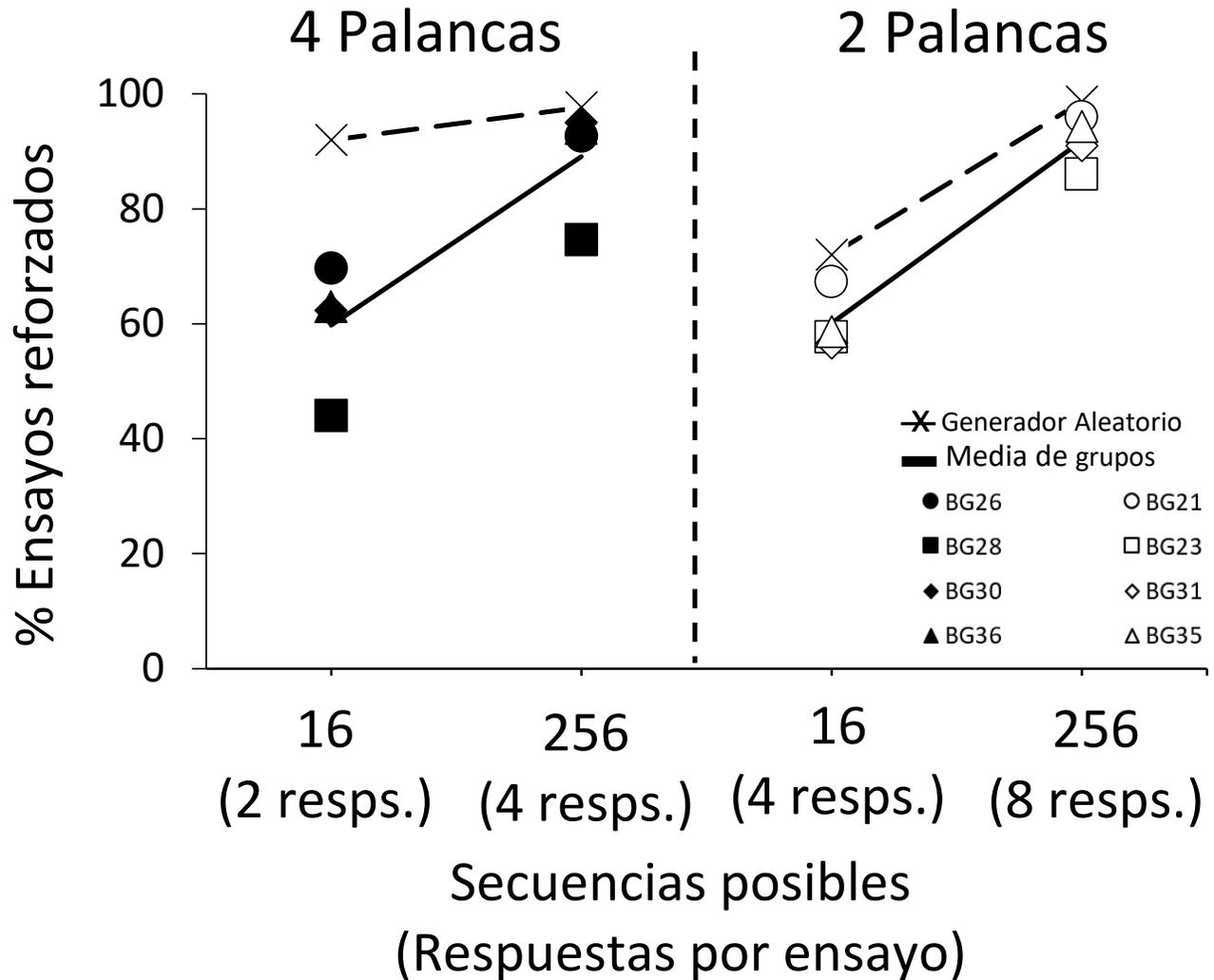


*Nota.* Promedio de las últimas 6 sesiones de cada condición del valor de U en ambas condiciones para ambos grupos. Los marcadores negros individuales representan los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los marcadores blancos del Grupo 2-palancas. Las líneas negras representan el promedio de los grupos y la línea con el marcador X representa los datos obtenidos con el modelo computacional aleatorio.

La Figura 22 muestra el promedio del porcentaje de ensayos reforzados para los dos grupos con 2 y 4 palancas en las condiciones con 16 y 256 secuencias posibles, así como los datos generados por el modelo aleatorio. Para ambos grupos el porcentaje de ensayos reforzados aumentó de la Condición 16 Secuencias a la Condición 256 secuencias posibles. El porcentaje de ensayos reforzados fue similar entre los dos grupos. Para el Grupo 4-palancas el porcentaje de ensayos reforzados con 16 secuencias posibles fue menor para los sujetos que con el modelo computacional aleatorio. En la Condición 256 Secuencias posibles los valores de los sujetos y del modelo computacional aleatorio fueron similares. Para el Grupo 2-palancas el porcentaje de ensayos reforzados mostró una tendencia similar para los sujetos y el modelo computacional aleatorio en función del número de secuencias posibles. Sin embargo, este porcentaje fue ligeramente menor en los sujetos que con el modelo aleatorio.

Figura 22.

Porcentaje de ensayos reforzados.



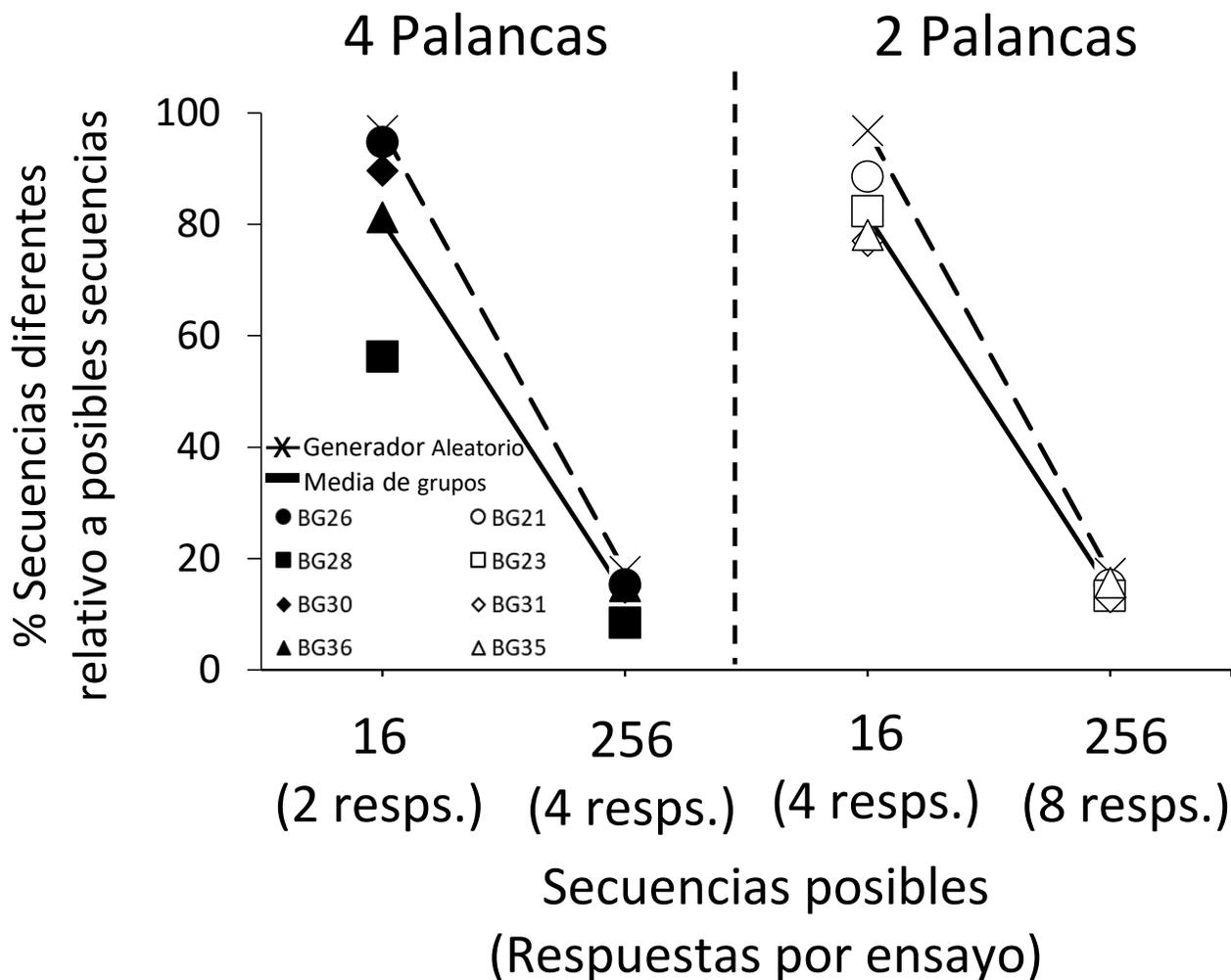
*Nota.* Promedio de las últimas 6 sesiones de cada condición del porcentaje de ensayos reforzados en ambas condiciones para ambos grupos. Los marcadores negros individuales representan los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los marcadores blancos del Grupo 2-palancas. Las líneas negras representan el promedio de los grupos y la línea con el marcador X representa los datos obtenido con el modelo computacional aleatorio.

La Figura 23 muestra el porcentaje de secuencias diferentes para ambos grupos en ambas condiciones relativo al total de las posibles secuencias. El porcentaje se calculó considerando el número de secuencias diferentes en cada sesión como un porcentaje del total de secuencias posibles (16 o 256 por condición). Esta variable es un indicador de la variación de las secuencias de respuestas relativo al total de posibilidades para variar. Se observó una disminución marcada cuando aumentó el número de secuencias posibles de 16 a 256 pero no se observaron diferencias sistemáticas entre los grupos con 4 o 2. El porcentaje de secuencias diferentes fue similar a los valores obtenidos con el modelo aleatorio.

El porcentaje reportado en la figura anterior es congruente con el análisis del valor de U, mientras más secuencias posibles menor nivel de variabilidad relativo. Sin embargo, ambos análisis consideran el total de secuencias posibles que puede ser mucho mayor que el número total de secuencias que pueden emitirse por sesión. Por ese motivo, igual que en el Experimento 2, se realizó un segundo análisis del porcentaje de secuencias diferentes, pero relativo al número de ensayos que ocurrían por sesión, el cual era 50. La Figura 24 muestra el porcentaje promedio de secuencias diferentes relativo al número de ensayos por sesión. La figura muestra que para ambos grupos hubo un mayor porcentaje de secuencias diferentes en la Condición 256 Secuencias que en la Condición 16 secuencias. No se observaron diferencias sistemáticas entre grupos. Los datos de las ratas fueron similares, aunque menores a los obtenidos con el modelo computacional aleatorio. Este análisis del porcentaje de secuencias diferentes relativo al número de ensayos por sesión mostró, contrario al porcentaje de secuencias diferentes relativo al total de secuencias, que el nivel de variabilidad es más alto cuando se tiene una mayor cantidad de posibles secuencias.

**Figura 23.**

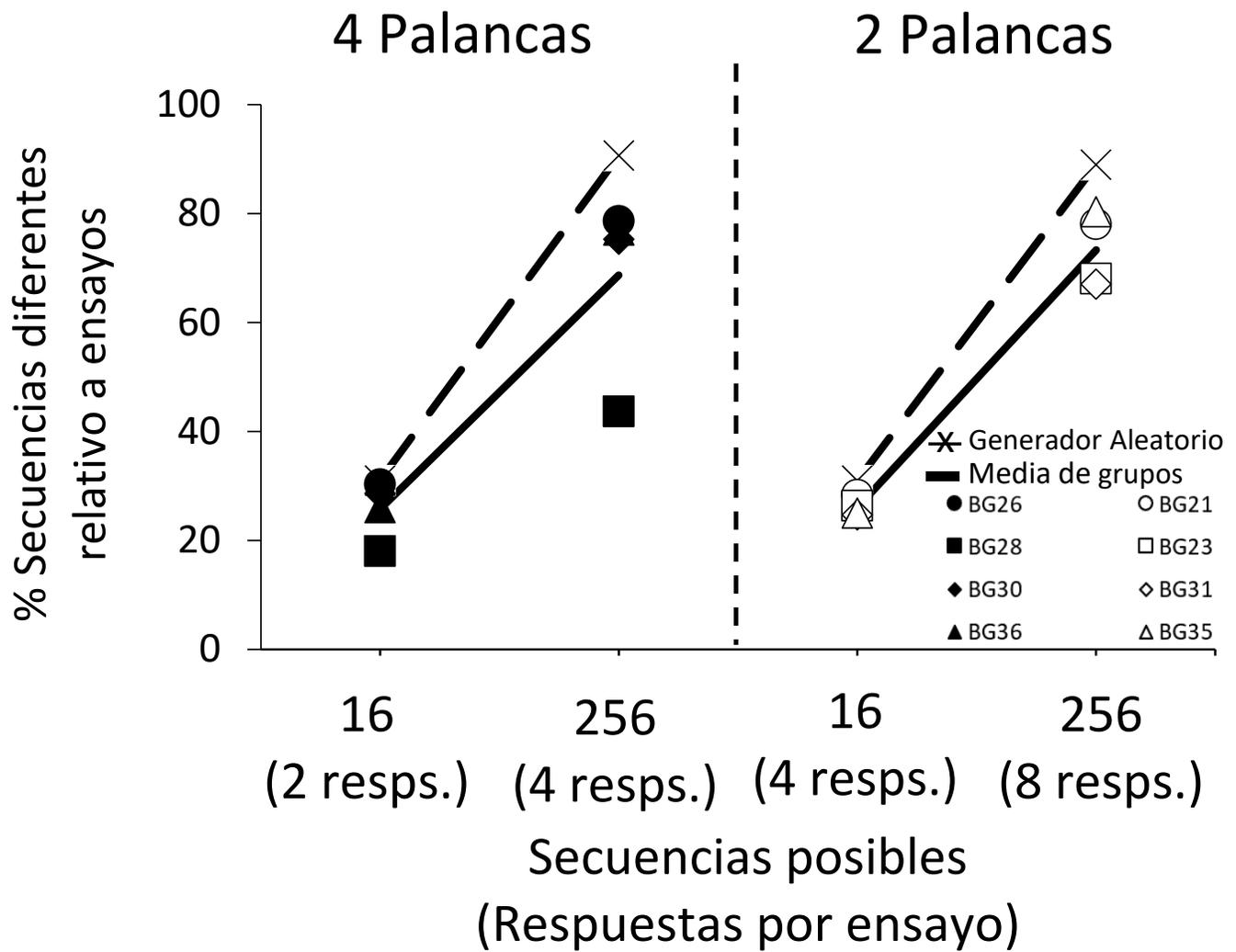
*Promedio del porcentaje de secuencias diferentes relativo a todas las secuencias posibles.*



*Nota.* Promedio de las últimas 6 sesiones de cada condición del porcentaje de secuencias diferentes relativo a las posibles secuencias en ambas condiciones para ambos grupos. Los marcadores negros individuales representan los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los marcadores blancos del Grupo 2-palancas. Las líneas negras representan el promedio de los grupos y la línea con el marcador X representa los datos del modelo computacional aleatorio.

**Figura 24.**

*Promedio del porcentaje de secuencias diferentes relativo a los ensayos.*

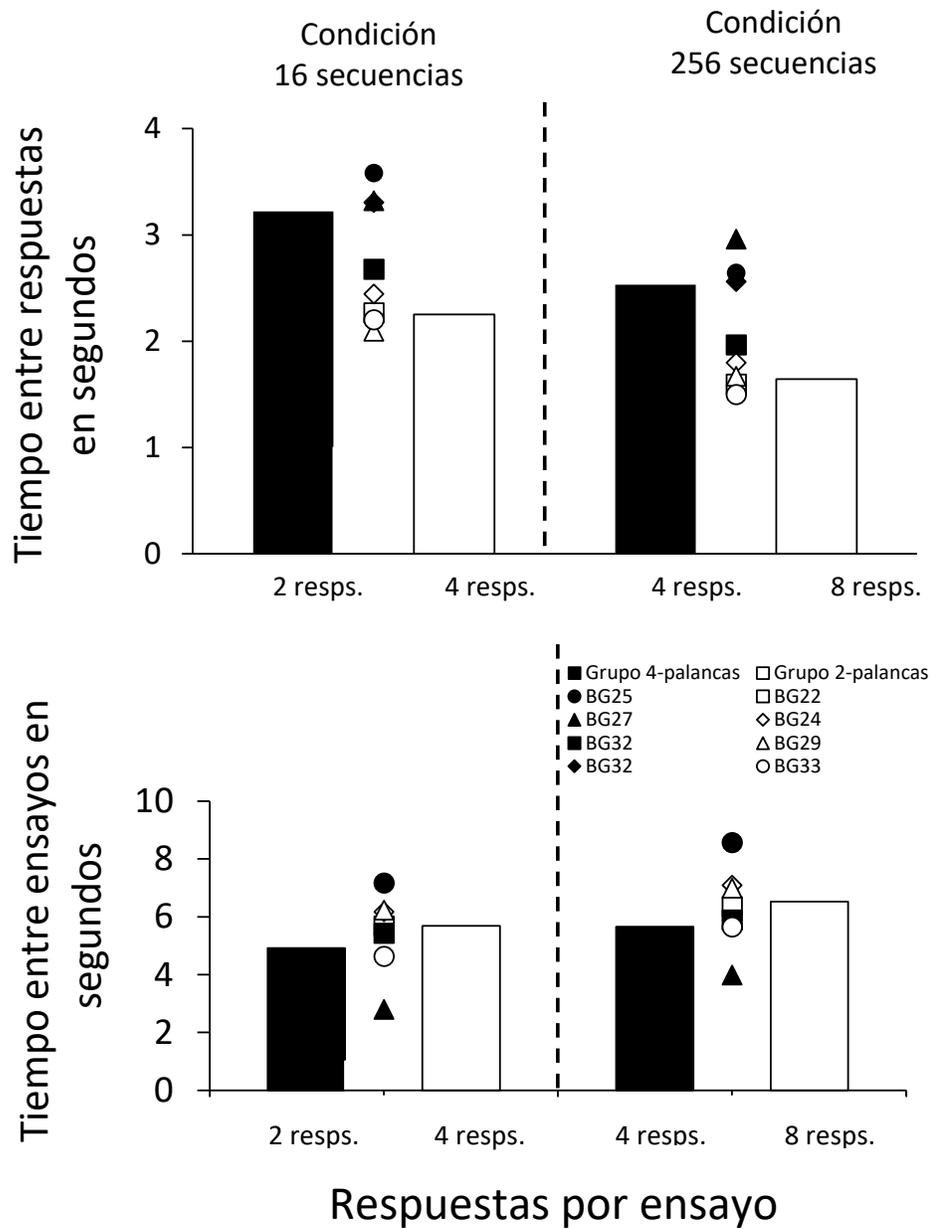


*Nota.* Promedio de las últimas 6 sesiones de cada condición del porcentaje de secuencias diferentes relativo a los ensayos en ambas condiciones para ambos grupos. Los marcadores negros individuales representan los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los marcadores blancos del Grupo 2-palancas. Las líneas negras representan el promedio de los grupos y la línea con el marcador X representa los datos del modelo computacional aleatorio.

El panel superior de la Figura 25 muestra el promedio de los TERs y el panel inferior de TEEs obtenidos para ambas condiciones y ambos grupos. El TER programado fue igual a 0.5 s y el TEE fue de 5 s, en la figura se pudo observar que, para ambos grupos, tanto el TER como el TEE fueron superiores a los programados. En el panel superior se observaron tiempos mayores en el Grupo 4-palancas en comparación con el Grupo 2-palancas palancas en ambas condiciones. Adicionalmente, se observó una disminución en los TERs de la Condición 16 Secuencias posibles a la Condición 256 Secuencias posibles en ambos grupos. En ambas condiciones se obtuvieron TEE muy similares entre grupos, aunque se pudieron observar tiempos ligeramente mayores en el Grupo 2-palancas en ambas condiciones en comparación con el Grupo 4-palancas. Adicionalmente, se observaron TEE similares entre ambas condiciones, aunque fueron ligeramente superiores en la Condición 256 Secuencias posibles.

**Figura 25.**

*Promedio de los tiempos entre respuestas y tiempos entre ensayos.*



*Nota.* Promedio de las últimas seis sesiones de los tiempos entre respuestas y los tiempos entre ensayos. Las barras negras representan el promedio del Grupo 4-palancas y las barras blancas del Grupo 2-palancas.

En la Tabla 3 se muestra la frecuencia relativa de permanencia y cambio en la misma palanca similar al realizado en el Experimento 2 (ver Tabla 2). Se observó que para ambos grupos los datos obtenidos son semejantes a los datos predichos, sin embargo, los datos son más dispersos para el grupo de 4 palancas en ambas condiciones en comparación con el otro grupo. Se realizó el cálculo de relación lineal entre la frecuencia relativa obtenida y la predicha como fue descrito en el experimento previo y los resultados se muestran en la Figura 26. Los datos muestran, al igual que la Tabla 3, para todos los grupos y condiciones que los datos obtenidos son muy cercanos a los datos predichos. Para el Grupo 4 en la condición de 256 posibles secuencias se observa que el intercepto no está en cero como en las otras condiciones, sin embargo, los datos se ajustan bien a la pendiente de los datos predichos.

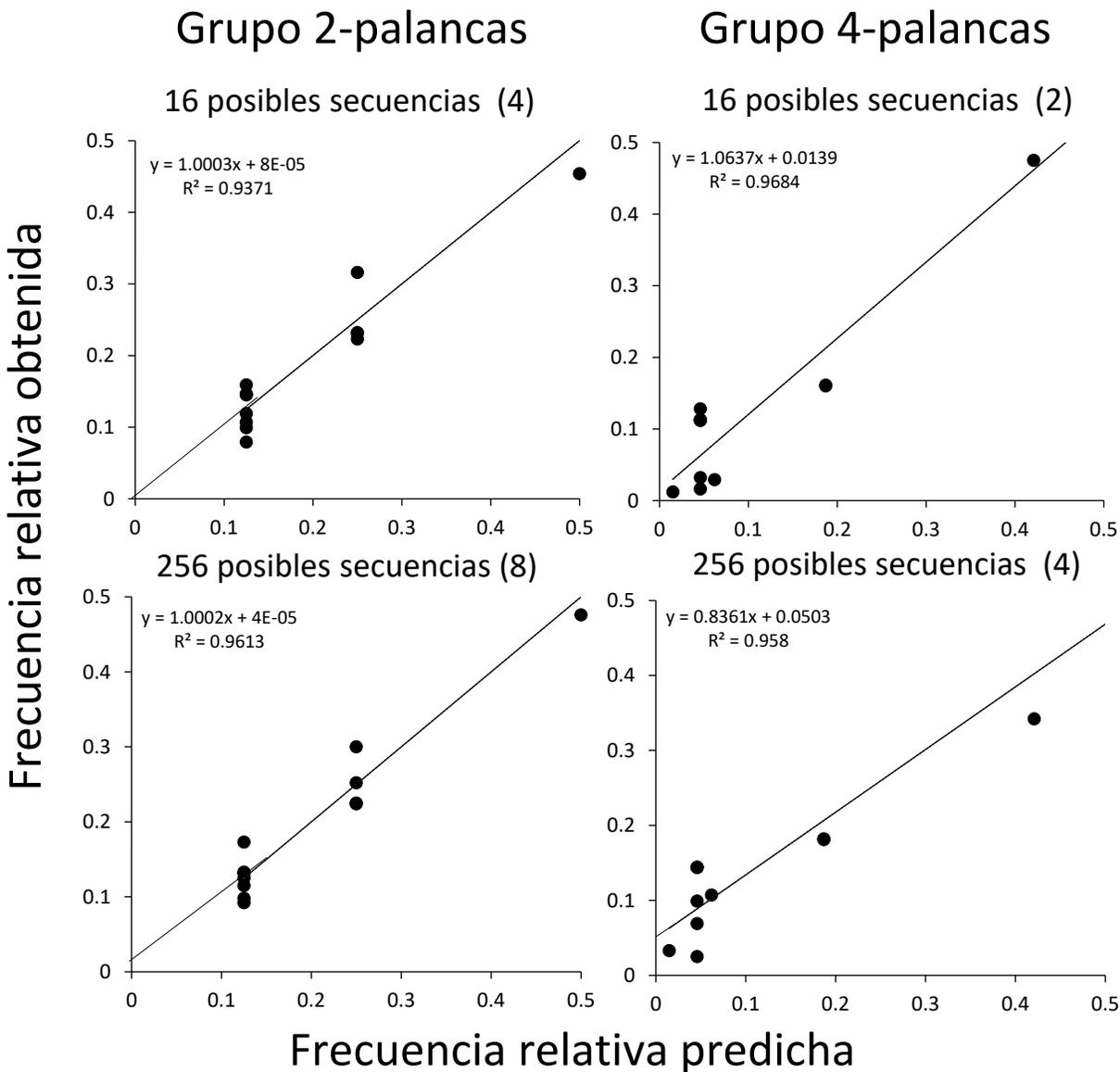
**Tabla 3.***Frecuencia relativa de permanencia y cambio en una misma palanca.*

Tipo	Predicho 2 Palancas	Obtenido 2 Palancas 4 Resps.	Predicho 2 Palancas	Obtenido 2 Palancas 8 Resps.	Predicho 4 Palancas	Obtenido 4 Palancas 2 Resps.	Predicho 4 Palancas	Obtenido 4 Palancas 4 Resps.
R	.500	.454	.500	.524	.250	.202	.250	.289
C	.500	.546	.500	.476	.750	.798	.750	0.711
RR	.250	.223	.250	.300	.062	0.029	.062	0.107
RC	.250	.232	.250	.224	.187	.160	.187	.181
CR	.250	.231	.250	.225	.187	.161	.187	.182
CC	.250	.316	.250	.252	.562	.650	.562	.530
RRR	.125	.099	.125	.173	.015	.012	.015	.033
RRC	.125	.146	.125	.132	.046	.112	.046	.144
RCR	.125	.079	.125	.092	.046	.032	.046	.025
RCC	.125	.146	.125	.132	.046	.112	.046	.144
CRR	.125	.119	.125	.125	.046	.016	.046	.069
CRC	.125	.107	.125	.098	.046	0.128	.046	0.099
CCR	.125	.145	.125	.133	.046	.113	.046	.144

*Nota.* R se refiere a una repetición en la misma palanca relativo a la respuesta previa y la C un cambio.

**Figura 26.**

*Relación lineal entre la frecuencia relativa de permanencia y cambio obtenida y predicha.*

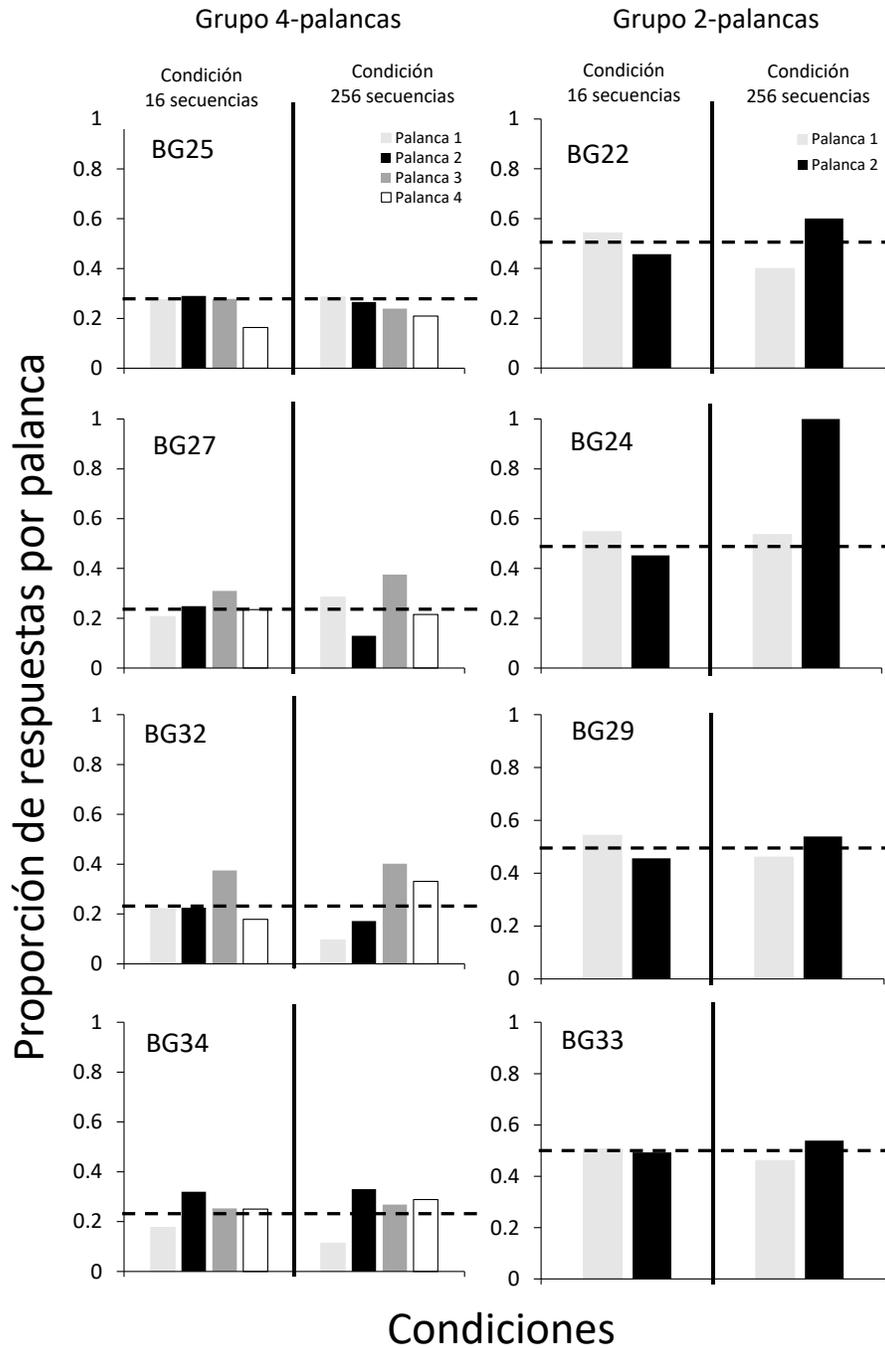


*Nota.* Los datos graficados estan basados en los datos reportados en la Tabla 3.

Se analizó la proporción de respuestas en cada palanca. Los paneles izquierdos de la Figura 27 muestran los datos de los sujetos del Grupo 4-palancas y los paneles derechos los del Grupo 2-palancas. Las líneas punteadas representan el punto de indiferencia de la distribución, que es de .25 para el Grupo 4-palancas y de .5 para el Grupo 2-palancas. Para el sujeto BG25 se observó una distribución similar en las palancas 1, 2 y 3 cercano al punto de indiferencia y una menor proporción en la palanca 4. Para los sujetos BG27 y BG32 se observó una proporción mayor en la palanca 3 en comparación con las otras palancas y para el sujeto BG34 se obtuvo una mayor proporción en la palanca 2 y una menor proporción en la palanca 1. En general se observó que ocurren respuestas en todas las palancas y proporciones cercanas al punto de indiferencia en todas las palancas y en ambas condiciones. Para BG22, BG24 y BG29 se observó una proporción ligeramente superior en la palanca 1 en la Condición 16 Secuencias posibles, mientras que para BG33 se mostró una proporción similar en ambas palancas. En la Condición 256 Secuencias posibles se pudo observar una mayor proporción de respuestas en la palanca 2 para las cuatro ratas.

Figura 27.

*Proporción de respuestas por palanca en ambos grupos.*



*Nota.* Las líneas punteadas representan el punto de indiferencia. Para el Grupo 4-palancas es igual a .25 y para el Grupo 2-palancas igual a .5.

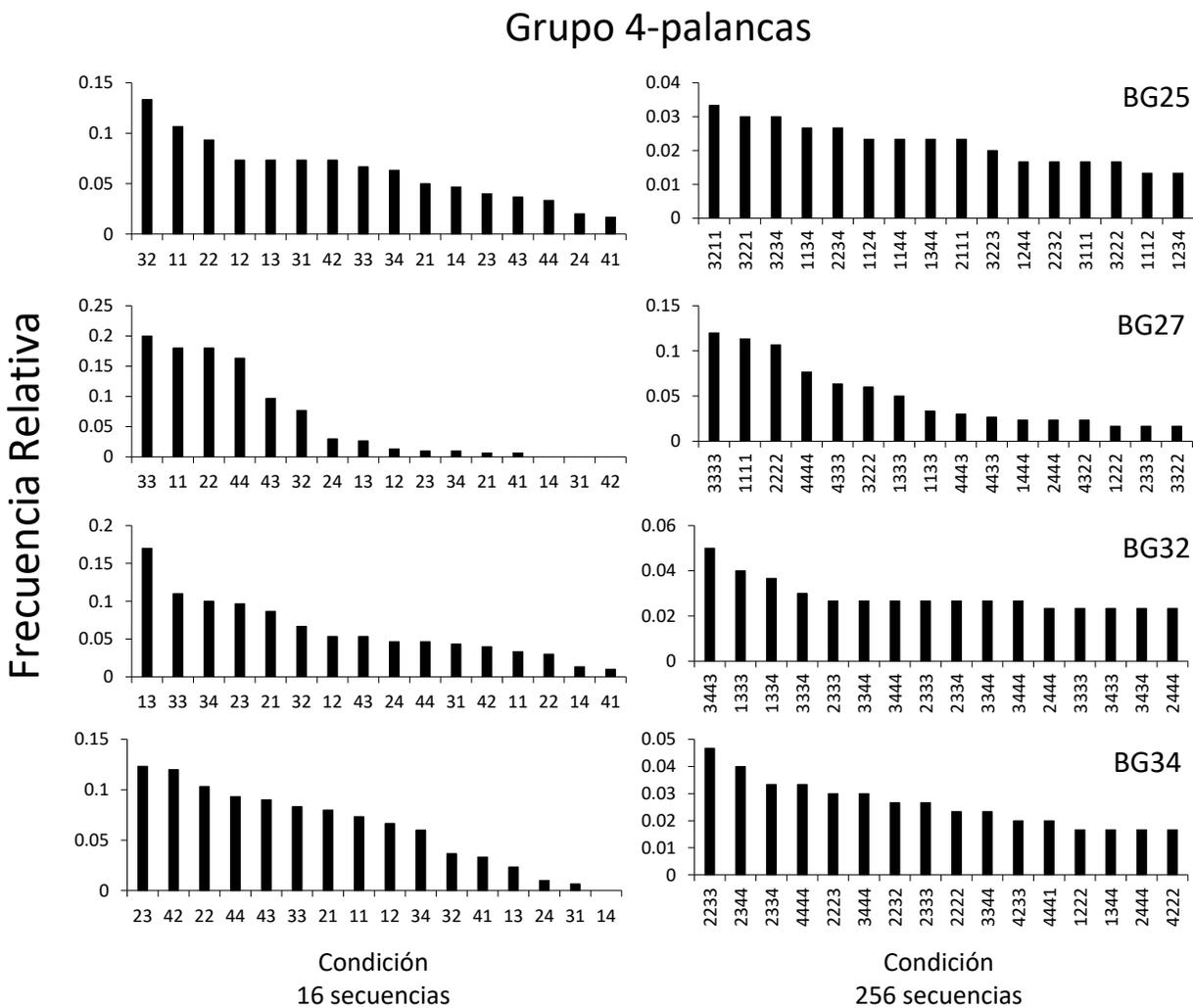
Se realizó el análisis de la frecuencia relativa de las secuencias que ocurrieron para cada sujeto en ambas condiciones. La Figura 28 muestra las frecuencias relativas del Grupo 4-palancas y la Figura 29 los datos del Grupo 2-palancas. Para la Condición 16 Secuencias posibles, se mostraron las frecuencias relativas de todas las secuencias, pero para la Condición 256 Secuencias posibles únicamente se presentaron las primeras 16 secuencias con mayor frecuencia, debido a que para algunas ratas el número de secuencias era cercano a 100. Para el Grupo 4-palancas, se pudo observar en tres de cuatro sujetos que las secuencias con mayor frecuencia fueron las mismas en ambas condiciones, repartidas en las mismas palancas, la única diferencia fue el número de respuestas dependiendo de la condición. Por ejemplo, para BG25 en la Condición A las secuencias con mayores frecuencias fueron 32 y 11, en la Condición B la secuencia con mayor frecuencia fue 3211. Para BG27 las secuencias con mayor frecuencia fueron 33 y 11 en la Condición A y en la siguiente condición la mayor frecuencia fue para la secuencia 3333 y 1111. Para BG34 en la Condición A las secuencias fueron 23 y 42, en la Condición B la secuencia más frecuente fue 2233. BG32 tuvo una distribución diferente entre condiciones, con 16 secuencias posibles, las secuencias más frecuentes fueron 13 y 33 mientras que con 256 secuencias posibles las más frecuentes fueron 3443 y 1333. Patrones similares se pudieron observar en los otros sujetos del mismo grupo (ver Figura 28).

En la Figura 29 se observaron patrones similares a la Figura 28. Las secuencias que más ocurrieron en la Condición 16 Secuencias posibles se repiten en la Condición 256 secuencias posibles. Por ejemplo, para BG29 las secuencias que más ocurrieron en la Condición 16 fueron 1111 y 2222, en la Condición 256 la secuencia con mayor frecuencia fue 11112222. En el caso de BG24 las secuencias más frecuentes fueron 1111 y 1122 en la Condición 16 y en la 256 fueron 11111111 y 11122222 y para BG22 las secuencias que más ocurrieron en la Condición 16

fueron 1212 y 1122 mientras que en la Condición 256 fueron 12222222 y 12212222. El sujeto BG33 fue la excepción en los patrones las secuencias con mayor frecuencia, en la Condición 16 fueron 2222 y 2221 mientras que en la otra condición la secuencias con mayor frecuencia fueron 11222211 y 22211111.

**Figura 28.**

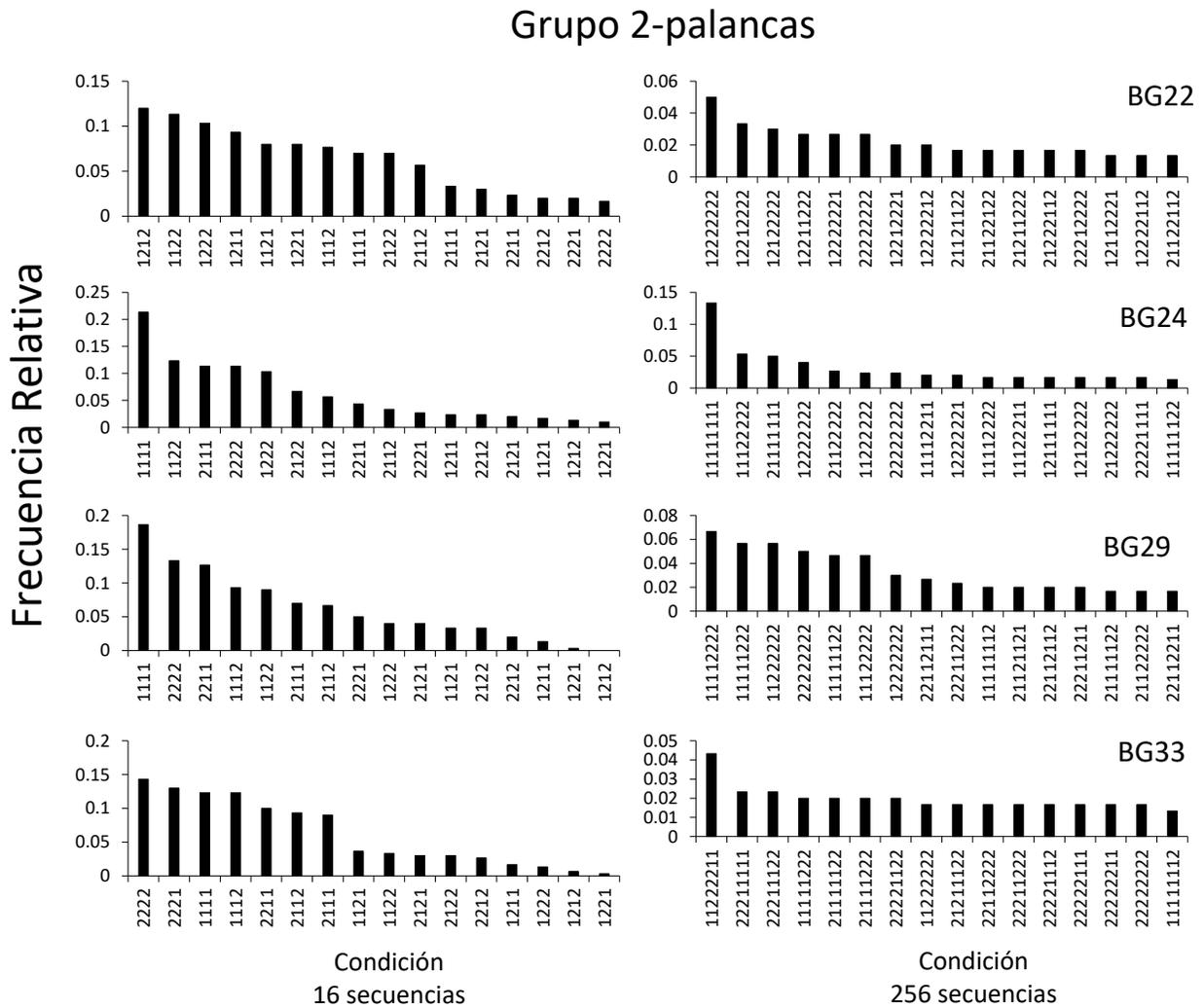
*Frecuencia relativa de las secuencias ocurridas en ambas condiciones del Grupo 4-palancas.*



*Nota.* Frecuencias relativas de las primeras 16 secuencias con mayor frecuencia en ambas condiciones.

**Figura 29.**

*Frecuencia relativa de las secuencias ocurridas en ambas condiciones del Grupo 2-palancas.*



*Nota.* Frecuencias relativas de las primeras 16 secuencias con mayor frecuencia en ambas condiciones.

## Discusión

El presente experimento se realizó con el propósito de investigar el efecto de incrementar las secuencias posibles generadas por la combinación entre número de palancas y número de respuestas sobre el nivel de variabilidad. El mayor número de secuencias posibles reportado previo a la realización de este estudio (ver Experimento 2) era 256 con palomas como sujetos generados con la combinación de 2 operandos y 8 respuestas por ensayo (Page & Neuringer, 1985). En ese estudio se observó un mayor nivel de variabilidad con 16 secuencias posibles (4 respuestas por ensayo) que con 256 (8 respuestas por ensayo). En el presente experimento se encontraron resultados similares a los de Page y Neuringer, con el valor de U y el porcentaje de secuencias diferentes considerando las secuencias posibles. En la condición con 16 posibles secuencias se observó un nivel de variabilidad más alto en ambos grupos en comparación con la condición con 256, independientemente del número de operandos o respuestas por ensayo, ya que fueron diferentes para cada grupo. En el caso del porcentaje de las secuencias diferentes relativo al número de ensayos se observó el efecto contrario, un mayor nivel de U en la condición con 256 secuencias posibles en ambos grupos. Los resultados de este experimento son congruentes con el experimento previo y se sugiere que la variable responsable del efecto sobre el nivel de variabilidad es posiblemente las secuencias posibles totales y no en aislado el número de respuestas o el número de operandos. El efecto de un mayor nivel de variabilidad en función de incrementar las secuencias posibles fue igual en ambos grupos.

En los procedimientos implementados con participantes humanos se habían utilizado desde 2 hasta 26 diferentes opciones entre las cuales responder en tareas que consistían en responder hasta 100 veces. Por ejemplo, Baddeley (1966) realizó un experimento con humanos en el cual manipuló el número de opciones entre las cuales podían elegir. La tarea era realizar

una secuencia aleatoria de 100 respuestas con 2, 4 u 8 cartas de póker. En los resultados encontró que a mayor cantidad de opciones entre las cuales elegir, mayor nivel de repetición de la misma opción. En su estudio no realizaron el análisis de todas las posibles secuencias en función de las opciones entre las cuales elegir. Una secuencia de 100 respuestas con 8 opciones resulta en miles de opciones totales, en comparación con tener solamente 2 opciones. Debido a las limitaciones de los aparatos experimentales resultaba complicado realizar manipulaciones con tantas opciones con animales no humanos similar a los procedimientos utilizados con humanos. Por lo tanto, se desconocía el efecto de incrementar las posibles secuencias de manera similar a los estudios con humanos sobre el nivel de variabilidad con animales no humanos. El aparato y los diseños experimentales utilizados en este y el experimento previo es uno de los primeros en analizar el efecto de las secuencias posibles en animales no humanos. En uno de los resultados mostrados en este experimento se observó el mismo efecto que en los estudios con humanos (e.g., Baddeley, 1966), un bajo nivel de variabilidad, cuando se consideraron mediciones como el valor de U y el porcentaje de secuencias diferentes relativo al número total de posibles secuencias. Entre más secuencias posibles menor nivel de variabilidad en comparación con tener pocas opciones. Sin embargo, cuando se analizó la variabilidad en función de la cantidad de ensayos posibles por sesión se observó el efecto contrario, entre más secuencias posibles mayor nivel de variabilidad absoluta.

Los resultados de este experimento son congruentes con el experimento previo y aportan información a favor de que las medidas que consideran el total de posibilidades como un punto de comparación de la variabilidad, puede ser una medida sesgada debido a que solo muestran una parte del fenómeno que excluye la variación en una escala más pequeña (Kong et al., 2017). Considerar medidas con otras escalas u otras medidas dependientes que permitan analizar la

variabilidad no solo en función de las opciones totales posibles, fue una herramienta útil para observar desde otro ángulo la variabilidad de la conducta. Previo a este estudio, no se había realizado manipulaciones con tantas opciones para responder en procedimientos de variabilidad operante. Por lo tanto, este estudio es uno de los primeros en los que se reporta la ocurrencia de más de 200 secuencias diferentes en animales no humanos. Adicionalmente, una medida típica que utilizaban en los procedimientos con humanos era el tiempo entre respuestas. En esos estudios reportaban que entre más opciones para responder mayor tiempo entre respuestas (ver Wagenaar, 1972). En el presente experimento se observó el mismo resultado, mayores TERs en el grupo con 2 palancas, resultado que es congruente con los resultados de Jensen et al., (2011) con palomas. Sin embargo, en los TEE se observó el efecto contrario, pero debido a que no se ha reportado previamente ese resultado es complicado hacer una comparación con otros estudios

El análisis de la frecuencia de permanencia y la proporción de respuestas mostraron que mientras más opciones para responder hay una mayor probabilidad de repetir las respuestas en la misma palanca. Este resultado es congruente con el análisis mostrado en el Experimento 1 y 2. Los resultados son congruente por lo reportados previamente por Jensen et al., (2011). Este efecto podría explicarse que al tener una mayor cantidad de opciones se hace más fácil obtener reforzamiento con cualquier secuencia que ocurra, por lo tanto, resulta en una mayor repetición de respuestas, pues lo que cuenta en general son las posibles combinaciones que se generan y no las respuestas u operandos por separado.

Los resultados del presente experimento no mostraron diferencias entre el número de operandos, ya que se observan valores muy similares en todos los análisis en ambos grupos. Ese resultado sigue siendo congruente con los resultados mostrados por Jensen et al., (2011) en los cuales no se observó un efecto del número de opciones para responder sobre el nivel de la

variabilidad. En relación con el número de respuestas por ensayo y las secuencias posibles si se encontraron diferencias entre las condiciones, pero el efecto fue diferente dependiendo de la medida utilizada. Con medidas globales como el valor de U y el porcentaje de secuencias diferentes relativo a las secuencias posibles se observó que a mayor número de respuestas por ensayo y mayor cantidad de posibles secuencias menor nivel de variabilidad. Ese resultado es congruente tanto con los resultados mostrados en estudios con participantes humanos en los que reportaban que a mayor cantidad de posibles secuencias menor nivel de variación. Sin embargo, con el análisis del porcentaje de secuencias diferentes relativo al número de ensayos se observó el efecto contrario, a mayor número de respuestas por ensayo mayor nivel de variabilidad. Ese resultado es congruente con otros estudios con animales no humanos en los cuales un requisito más grande de respuestas está relacionado con un nivel de variabilidad más alto (Neuringer et al., 2000; Page & Neuringer, 1985).

### **Discusión General**

El propósito de este trabajo fue investigar el efecto del número de opciones para responder sobre el nivel de variabilidad operante en animales no humanos. Se realizaron tres experimentos para analizar el efecto de diferentes variables relacionadas con todas las posibles opciones para responder. El propósito del Experimento 1 fue comparar el efecto del número de operandos sobre el nivel de la variabilidad conductual en dos condiciones, una con 2 operandos y otra con 4, en dos grupos de ratas, uno variable y otro acoplado. Los resultados mostraron una diferencia entre grupos, para el Grupo Variable se encontró un nivel alto de variabilidad con diferentes medidas y a través de las diferentes condiciones Mientras que para los sujetos del Grupo Acoplado se observaron niveles bajos de variabilidad en todas las condiciones. Aunque se

observó un menor nivel de variabilidad con más opciones para responder como en otros estudios realizados con humanos y palomas (e.g., Jensen et al., 2011) la diferencia solo fue marginal.

El Experimento 2 tuvo el propósito de comparar el efecto de manipular el número de respuestas por ensayo (4 u 8 respuestas) mientras se controló el número de operandos en dos grupos, uno con 2 palancas y otro con 4. Mantener constante el número de operandos y de respuestas por ensayo generó en un número diferente de secuencias posibles. En el Grupo 2-palancas se tuvieron 16 y 256 secuencias posibles en la Condición 4 respuestas y 8 respuestas respectivamente, mientras que en el Grupo 4-palancas fueron 256 y 65, 536. Los resultados mostraron diferencias sistemáticas entre grupos y entre condiciones en todos los análisis realizados. En las medidas globales, como el valor de U, se observó un mayor nivel de variabilidad para el Grupo 2-palancas en la condición con 256 secuencias y el menor nivel de variabilidad se observó en la condición con 65 536 posibilidades con el Grupo 4-palancas. En cambio, con otras medidas se observó el efecto contrario, un porcentaje de secuencias diferentes cercano a 100% en la condición con más de 65 mil secuencias.

El Experimento 3 tuvo el propósito de comparar el nivel de variabilidad conductual en dos grupos con diferente número de operandos, un grupo con dos palancas y otro grupo con 4 palancas. Se tuvieron dos condiciones, una condición con 16 posibles secuencias totales y otra condición con 256 secuencias. Para el Grupo 2-palancas en la condición 16 secuencias posibles se registraron 4 respuestas por ensayo y en la otra condición 8 respuestas. Para el Grupo 4-palancas en la condición 16 Secuencias posibles se registraron 2 respuestas y en la condición 256 secuencias fueron 4 respuestas. En los resultados no se observaron diferencias sistemáticas en el nivel de la variabilidad entre grupos, pero si se observaron diferencias entre las condiciones. En la Condición con 256 posibles secuencias, se encontró un menor nivel de variabilidad en

medidas como el valor de U y el porcentaje de secuencias diferentes considerando todas las posibles secuencias en comparación con la otra condición con 16 posibilidades. Se realizó el cálculo del porcentaje de secuencias diferentes considerando el número de ensayos por sesión. En ese análisis se encontró el efecto contrario a lo observado previamente con medidas globales. Un mayor nivel de variabilidad en la condición con 256 posibilidades que con 16. El efecto encontrado con las medidas globales es congruente con los experimentos realizados con participantes humanos, en los que se encuentra menor variabilidad mientras más opciones se tienen (Wagenaar, 1972). La diferencia en los resultados sugiere que los resultados podrían depender de los diferentes análisis realizados y que, por el contrario, múltiples opciones para responder podrían generar mayor nivel de variabilidad. A través de los tres experimentos se pudo observar que independientemente del número de operandos o el número de respuestas, la variable que posiblemente es fundamental para facilitar un mayor nivel de variabilidad en el caso de los animales no humanos es el número total de secuencias posibles. El número de secuencias posibles ha sido una variable difícil de estudiar en las investigaciones de variabilidad de la conducta debido a que resulta de la combinación entre las opciones para responder y los requisitos de respuestas por ensayo.

### **Efectos del número de posibles secuencias**

En los primeros experimentos con participantes humanos sobre variabilidad conductual comúnmente se les pedía que generaran secuencias de respuestas aleatorias. Las condiciones de las respuestas variaban dependiendo del experimento, pero normalmente eran secuencias de 100 o más respuestas y se les daban desde 2 hasta 26 opciones entre las cuales responder. Las opciones podían ser teclas de computadora, números o las letras del alfabeto. Dependiendo de las condiciones del experimento podía haber entre 20 y 2,520 opciones diferentes que se podían

generar. Los resultados de esas investigaciones fueron inconsistentes, pero la mayoría mostraron un incremento de la estereotipia entre más opciones para responder se presentaban (Baddeley, 1966; Schwartz, 1980, 1981; Wagenaar, 1972; Warren & Morin, 1965). Derivado de estas investigaciones se llegó a la conclusión de que era imposible generar patrones aleatorios debido a que el proceso para responder estaba basado en la “memoria” o el recuerdo de lo que se había respondido previamente (Baddeley, 1966; Jensen et al., 2011). Sin embargo, existían varios detalles en los procedimientos que podían generar esos resultados. Primero, en la mayoría de los experimentos se daba la instrucción de responder aleatoriamente, lo que dejaba a la libre interpretación la tarea. Segundo, en los experimentos no se les daba ningún tipo de retroalimentación sobre su desempeño de la tarea, incluso muchas de las veces no había una retroalimentación visual de las respuestas que estaban ocurriendo. Lo cual podía generar “desinterés” en la realización de la tarea (Neuringer, 1986; Wagenaar, 1972).

Page y Neuringer (1985) realizaron una serie de experimentos en los que demostraron que al implementar contingencias de reforzamiento se podía incrementar la variabilidad de la conducta y generar patrones de respuestas similares a los de un modelo aleatorio con palomas como sujetos. Cabe señalar que el mismo efecto fue reportado después en otros estudios con participantes humanos al proporcionar retroalimentación en la tarea (Neuringer, 1986; Stokes & Harrison, 2002; Tatham et al., 1993). En el estudio de Page y Neuringer (1985) argumentaron que una de las posibles explicaciones a los resultados reportados previamente sobre el bajo nivel de variabilidad eran las restricciones que había en la tarea, así como el número total de posibles opciones. Por ejemplo, en el experimento realizado por Schwartz (1982) el procedimiento consistía en una secuencia de 8 respuestas distribuidas en dos operandos, pero con la restricción de que no ocurrieran más de 4 respuestas por operando. Esa configuración genera un total de 70

posibles secuencias. El resultado de ese experimento mostró un bajo porcentaje de secuencias diferentes, conforme avanzaban las sesiones las respuestas se estereotipaban. Por lo tanto, Page y Neuringer argumentaron que la limitación en las respuestas generaba la repetición de la respuesta. En su experimento eliminaron la restricción de 4 respuestas por operando lo que incrementó las posibilidades a 256 secuencias. En los resultados encontraron un mayor nivel de variabilidad que en los otros experimentos. Por lo que concluyeron que incrementar el número de secuencias posibles incrementó el nivel de variabilidad (Stokes & Harrison, 2002).

El estudio de Page y Neuringer (1985) con animales no humanos mostró resultados contradictorios a los reportados con humanos (Stokes & Harrison, 2002; Wagenaar, 1972). Sin embargo, en los estudios con humanos el rango de posibilidades iba desde 20 hasta 2,500 y en el de Page y Neuringer el número máximo fue 256 posibles secuencias. Si la variabilidad conductual incrementa cuando se incrementa el número total de posibilidades, los resultados de los primeros estudios con humanos hubieran mostrado niveles altos de variabilidad parecidos a los generadores de datos aleatorios, pero se encontraba el resultado contrario. Por lo tanto, la inconsistencia entre resultados complicaba comprender el efecto del número total de posibles opciones sobre el nivel de variabilidad. Previo a la realización de los presentes experimentos, el número máximo de posibilidades analizadas con animales no humanos eran 256 y se desconocía el efecto de ampliar el número de opciones posibles de forma que se aproximara a los procedimientos usados con humanos. Adicionalmente, la relación de esta variable con otras, como el requisito de respuestas por ensayo o el número de operandos, dificultaba analizar aisladamente los resultados obtenidos por el total de opciones posibles.

Todos los experimentos realizados en la presente tesis replican el resultado de que a mayor cantidad posibles opciones de respuesta mayor nivel de variabilidad utilizando medidas

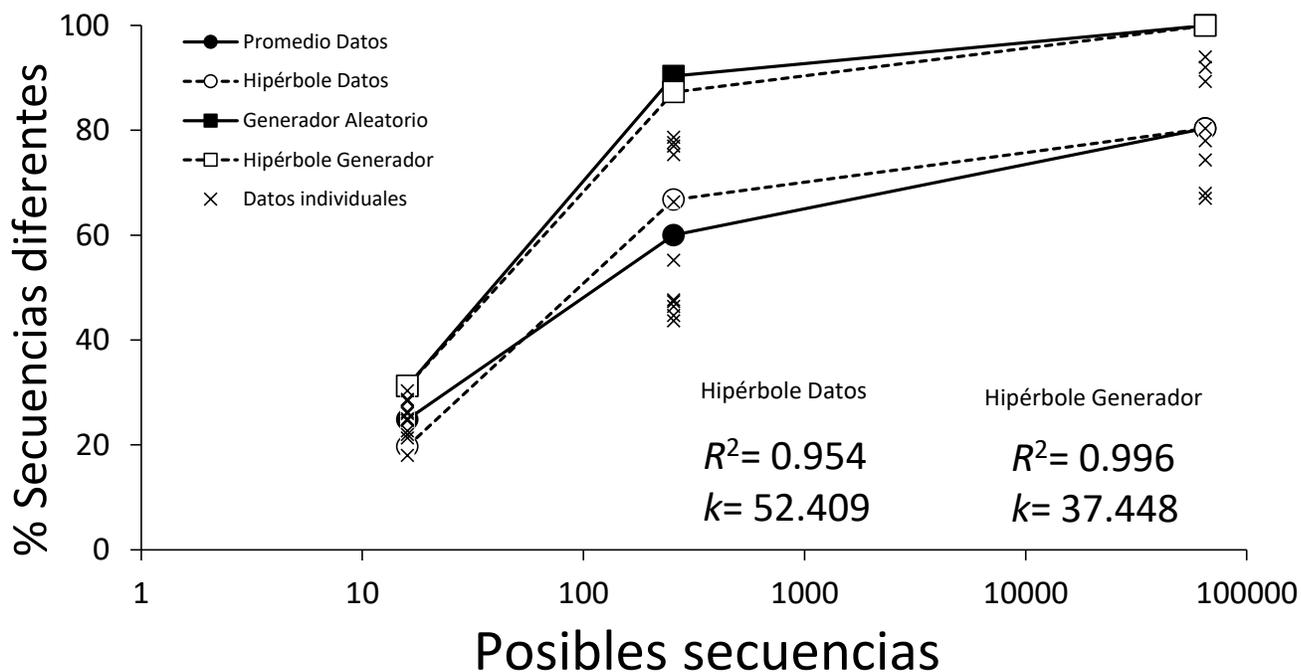
como el porcentaje de secuencias diferentes observadas por sesión. Con el objetivo de describir cuantitativamente la relación entre el número de secuencias posibles y el porcentaje de secuencias diferentes se utilizó la siguiente ecuación hiperbólica:

$$y = ax/(x + b)$$

En donde  $x$  es el valor de variable independiente que en este caso se refiere al número de posibles secuencias,  $a$  representa el valor máximo posible de la variable dependiente y  $k$  es un parámetro libre (ver Shull, 1991). La Figura 30 muestra la relación hiperbólica entre el número de secuencias posibles y el porcentaje de secuencias diferentes y se utilizó un escala logarítmica debido a la diferencia entre 16 opciones y 65, 356. Para realizar el análisis se consideraron los datos obtenidos de los 3 experimentos. En la figura se muestran los datos de cada sujeto y el promedio de los sujetos. También se muestran los datos del modelo aleatorio. En la figura se observa que la ecuación hiperbólica describe bien los datos obtenidos de los sujetos y del modelo aleatorio. Adicionalmente, se observa con pocas posibles secuencias como 16, los datos de los sujetos se acercan mucho a los datos del modelo aleatorio. Sin embargo, mientras más posibles secuencias mayor separación entre los datos de los sujetos y los datos del modelo aleatorio.

**Figura 30.**

*Relación hipérbolica entre el número de posibles secuencias y porcentaje de secuencias diferentes.*



*Nota.* La  $R^2$  significa el nivel de varianza explicada por la ecuación.

Los resultados mostrados en la Figura 30 sugieren que el incremento del número de posibles secuencias tiene un efecto directo en el nivel de variabilidad y que al incrementar el número de posibilidades incrementa el nivel de variabilidad. Es posible que la separación entre los datos de los sujetos y los datos del modelo aleatorio se deban al criterio de Lag utilizado en estos experimentos, Lag 5, el cual se considera un criterio de variación relativamente flexible. Es probable que incrementado el criterio de variación se pueda incrementar el nivel de variabilidad de tal forma que los datos de los organismos vivos se asemejen a los datos del modelo aleatorio. Esto podría explorarse en estudios posteriores. El porcentaje de secuencias diferentes ya sea por

sesión como en esta figura o por bloque de sesiones podría ser una variable útil para generar un modelo que describa la variabilidad operante en diferentes organismos. Los modelos matemáticos en el análisis de la conducta han sido muy útiles para describir e incluso predecir el comportamiento en diferentes contextos. En particular el modelo hiperbólico ha sido utilizado en otros estudios debido a que describe muy bien algunas conductas. Por ejemplo, la conducta de elección ha sido descrita con diferentes modelos matemáticos, sin embargo, el modelo hiperbólico utilizado por Herrnstein (1974) ha sido uno de los mejores ajustes de esta conducta (ver Shull, 1991). El análisis realizado en esta tesis podría ser una primera aproximación para el desarrollo de un modelo matemático que describa la variabilidad conductual, de la misma forma que se ha realizado con otros fenómenos conductuales como la elección. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones que aporten datos y permitan analizar si esta ecuación se aplica a otros casos de variabilidad conductual.

### **Tres variables interrelacionadas: respuestas + operandos = opciones posibles**

Dos variables relacionadas con el número total de opciones posibles es el número de opciones para responder y el número de respuestas por ensayo. Las tres variables están interrelacionadas debido a que la combinación de ambas variables generara el número total de opciones posibles. Por ejemplo, 2 opciones para responder con 8 respuestas por ensayo generan 256 posibles secuencias, pero el mismo resultado se puede encontrar con 4 opciones para responder y 4 respuestas (Jensen et al., 2011; Stokes & Harrison, 2002). El efecto de variar el número de respuestas ha sido una variable investigada en otros estudios previos a los presentes experimentos en los cuales se ha demostrado que el nivel de variabilidad no disminuye con secuencias de respuestas largas en comparación con cortas (Neuringer et al., 2000; Page & Neuringer, 1985). Una de las explicaciones más comunes sobre el efecto del número de

respuestas sobre el nivel de la variabilidad es la relación inversa con la frecuencia de reforzamiento (Blaisdell et al, 2016; Stokes & Harrison, 2002; Tatham et al.,1993). Por ejemplo, Page y Neuringer (1985) mostraron una relación entre el número de respuestas y el porcentaje de ensayos reforzados, a mayor número de respuestas, mayor porcentaje de ensayos reforzados. Una interpretación de ese resultado es que al variar el número de respuestas también se variaba el número total de opciones posibles e incrementa la probabilidad de reforzar cualquier serie de respuestas. La probabilidad de repetir respuestas es mayor con un requisito de 4 respuestas que con 8. Sin embargo, en los otros estudios y en los tres experimentos realizados en este proyecto, los resultados son incongruentes con esa interpretación. A mayor cantidad de opciones posibles mayor porcentaje de ensayos reforzados. Los resultados del Experimento 2 mostraron que cuando se tienen miles de opciones el porcentaje de ensayos reforzados fue casi igual al 100% en comparación con otras condiciones. Neuringer (1986; 1991; 1992; 1993; 2002; 2012) ha argumentado que esos resultados son congruentes con la hipótesis de que la variabilidad se debe a un proceso estocástico endógeno y no solamente a un mecanismo de “memoria”, debido a que al responder de manera aleatoria mientras mayor fuera el número de respuesta de la secuencia mayor probabilidad había de realizar algo diferente. Por otra parte, otros autores han argumentado que debido a esta relación los resultados que se observan en esos estudios son derivados de artefactos del procedimiento en los que hay periodos cortos de extinción y reforzamiento intermitente de la respuesta, por lo que, la variabilidad es inducida y no propiamente reforzada (Barba, 2012; Epstein, 2014; Holth, 2012; Machado, 1989, Machado & Tonneau, 2012; Marr, 2012; Nergaard & Holth, 2020).

El incremento de la variación en los experimentos sobre variabilidad operante ha sido objeto de múltiples interpretaciones. Neuringer y sus colaboradores han argumentado en varios

de sus que la variabilidad de la conducta es una dimensión operante debido a que es sensible a las contingencias de reforzamiento. Esto entendiendo una dimensión operante como los atributos o parámetros de una respuesta que influyen y son influenciados por el reforzamiento (ver Neuringer, 2002). Sin embargo, la definición de una operante tiene varias definiciones y otros autores han sugerido que es posible existan dos clases de respuestas que conformen lo que es una operante y no solamente los atributos de la respuesta y la variabilidad no cumple con todas las características para ser considerada una operante (Barba, 2012; Catania, 2017).

Neuringer (2002; 2012) ha argumentado que la variabilidad de la conducta se debe probablemente a un generador de variabilidad endógeno que no depende de algún proceso de memoria. De acuerdo con Neuringer, es imposible probar directamente que un proceso estocástico endógeno subyace a la variabilidad operante, sin embargo, ha enlistado una serie de estudios y resultados como evidencia indirecta que es consistente con la hipótesis. Una de las evidencias que Neuringer (2002) ha utilizado para argumentar a favor de la hipótesis del generador estocástico endógeno son las similitudes entre las distribuciones de respuestas generadas por personas y las distribuciones generadas por un modelo computacional aleatorio (Blough, 1966; Machado, 1989; Neuringer, 1986). Neuringer (1986) realizó un experimento en el cual mostró que si se daba retroalimentación a los participantes de su patrón de respuestas junto con el de un generador estocástico computacional conforme avanzaban las sesiones los patrones de los participantes se asemejaban cada vez más al modelo computacional aleatorio. Los mismos resultados se han encontrado en experimentos con animales no humanos (Denney & Neuringer, 2002; Page & Neuringer, 1985).

En los tres experimentos realizados en este proyecto se encontraron resultados que podrían ser congruentes con la hipótesis del generador estocástico. Los datos obtenidos por los

sujetos experimentales fueron muy similares a los obtenidos por el modelo computacional aleatorio utilizado en el presente estudio. En el caso de los tres experimentos, con el modelo aleatorio los datos siempre fueron superiores a los datos de los sujetos. Sin embargo, la tendencia de los resultados era muy similar. Por ejemplo, en el Experimento 1, los datos de los sujetos que tuvieron la entrega de reforzamiento contingente a la variabilidad de las respuestas fueron más parecidos a los valores del modelo aleatorio en todas las condiciones en comparación con los sujetos acoplados. En el caso del Experimento 2 y 3 se pudieron observar con análisis globales que tanto el modelo aleatorio como los datos de los sujetos tendían a mostrar un menor nivel de variabilidad mientras mayor cantidad de posibilidades había. Por otra parte, en el porcentaje de ensayos reforzados se observó una diferencia entre el modelo y los grupos que estuvieron expuestos a dos palancas. El modelo aleatorio producía valores cercanos entre el 90 y 100%, en cambio los datos producidos por sujetos experimentales fueron mucho más bajos en ambos experimentos.

Los resultados con los grupos expuestos a 4 palancas generaron valores más cercanos a los producidos por el modelo aleatorio. Además, otra diferencia encontrada en el Experimento 3 fue que el modelo computacional aleatorio mostraba una diferencia entre las condiciones de 2 y 4 palancas. El modelo aleatorio produjo un mayor porcentaje de ensayos reforzados en la condición con 2 palancas y una secuencia de 4 respuestas que con 4 palancas y una secuencia de 2 respuestas, pero los resultados de los sujetos experimentales no mostraron diferencia en el porcentaje de los ensayos reforzados. Estos resultados podrían sugerir que el nivel de variabilidad generado dependerá no únicamente del requisito de respuestas por ensayo, sino de la combinación entre las opciones que se tengan para responder y el requisito. Nuevamente pareciera ser que el nivel de viabilidad dependerá del total de opciones posibles. Sin embargo,

existe la posibilidad de que los resultados se deben a un artefacto de las medidas que se utilizan para analizar la variabilidad.

### **Medidas de la variabilidad**

Otra de las principales críticas sobre la variabilidad como una operante es sobre las medidas utilizadas para analizar el nivel de variabilidad. (Barba, 2012; Epstein, 2014; Holth, 2012; Machado, 1989, Machado & Tonneau, 2012; Marr, 2012; Nergaard & Holth, 2020). Barba (2012) argumentó que la implementación del valor de U como la medida general de la variabilidad era inapropiado ya que considera todas las posibles opciones cuando solo alguna o pocas con usadas por los sujetos o participantes. Los resultados de los experimentos de la presente tesis apoyan los argumentos de Barba (2012).

En los Experimentos 2 y 3 se obtuvieron valores de U más bajos mientras más opciones de respuesta se encontraban disponibles, esto debido a que se consideraban todas las respuestas posibles aun cuando no ocurrieran, como en el caso de las 65,536 opciones de respuesta. Es importante considerar estas críticas cuando se realizan experimentos sobre variabilidad. Las medidas globales, como el valor de U (Barba, 2002; Nergaard & Holth, 2020), pueden ser útiles para analizar patrones conductuales extendidos en el tiempo o un conjunto global de datos como el número total de secuencias posibles (Baum, 2017), pero en el caso del estudio de la variabilidad hay que considerar también efectos que consideren la ocurrencia de diferentes patrones de respuestas relativo a escalas más pequeñas, como las respuestas ocurridas durante una sesión (Barba, 2012; Kong et al., 2017).

Kong et al., (2017) realizaron diferentes análisis del valor de U con diferentes parámetros, como las opciones para responder y el número de respuestas. En sus resultados mostraron datos a favor del argumento de Barba (2012). Un mismo valor de U, por ejemplo .75, puede resultar de

distribuir las respuestas de igual forma en 8 opciones de respuestas que de distribuirlas de diferentes formas en más de 8 opciones. Debido a esto los autores concluyeron que no tiene sentido comparar la variabilidad entre conjuntos de respuestas utilizando solo el valor de  $U$  sin tener la información del número de opciones utilizadas en cada conjunto. En otras palabras, sería importante reportar y tener en consideración el número de secuencias realizadas y no solo todas las posibilidades.

Los resultados reportados en estos tres experimentos son congruentes con el estudio y argumento de Kong et al. (2017). Los datos obtenidos por ratas mostraron valores de  $U$  similares en ambos grupos, con 2 o 4 palancas, en el Experimento 3 siendo congruentes con los datos reportados por Kong et al., el mismo nivel de variabilidad se puede obtener con dos configuraciones diferentes de respuestas y operandos. No obstante, los resultados del Experimento 2 mostraron una diferencia entre los grupos con 2 y 4 palancas sobre todo en la condición con diferente cantidad de secuencias posibles, mostrando mayor variabilidad cuando se tienen más cantidad de opciones posibles que cuando se tienen pocas, independiente de la configuración con la que se generen (Jensen et al., 2011). En el mismo estudio de Kong et al., los autores reportaron que era posible encontrar valores de  $U$  altos con respuestas totalmente estereotipadas. Por lo tanto, concluyeron que la medida del valor de  $U$  puede limitar la medición de la variabilidad ya que, al no considerar los patrones estereotipados en las respuestas, es poco específica la distinción entre alta y baja variabilidad. Además, la medida puede resultar ambigua porque los mismos valores de  $U$  pueden resultar de diferentes niveles de distribuciones de las respuestas que dependerán del número de opciones usadas. Por ese motivo, en el presente trabajo se realizaron análisis que consideraban otra escala, con el objetivo de analizar la ocurrencia de patrones diferentes sesión por sesión y complementar los análisis globales. Con otro tipo de

medidas, como la frecuencia relativa de las secuencias y el porcentaje de secuencias diferentes relativo a los ensayos, se pudo observar una mayor cantidad de patrones diferentes mientras mayor cantidad de opciones posibles. Los resultados de este estudio podrían sugerir que al tener mayor cantidad de opciones aumenta la ocurrencia de patrones diferentes en comparación con tener pocas opciones independientemente de la forma o configuración con la que se generen. Se podrían considerar como evidencia congruente con estudios previos en los que se muestra un incremento de la variabilidad en función de aumentar el número de posibilidades y que argumentan que la variabilidad se puede reforzar debido a un proceso endógeno estocástico (Jensen et al., 2011, Neuringer, 2002, 2012; Page & Neuringer, 1985, Stokes & Harrison, 2002).

### **Múltiples opciones inducen variabilidad en la conducta**

Jensen et al., (2011) encontraron que aumentar el número de operandos no genera una disminución en el nivel de variabilidad. En su experimento utilizaron 2, 4 y 8 operandos en los cuales se podía responder y no se observaron diferencias en el nivel de variabilidad en función de la diferente cantidad de operandos. En todos los casos observaron valores relativamente altos y similares del valor de U. Los resultados del Experimento 1 fueron parcialmente congruentes con ese estudio. Es importante notar que en ambos experimentos se mantuvo constante el número total de posibles secuencias. Los resultados de los Experimentos 2 y 3 sugieren que esos resultados se debieron a que las posibles secuencias eran iguales en todas las condiciones independientemente del número de operandos o el requisito de respuestas. Aumentar el total de opciones posibles es una variable importante para incrementar la variabilidad. Tener múltiples opciones posibles podría “facilitar” la variación de la respuesta, lo cual resulta similar a lo predicho por un modelo estocástico (Neuringer, 2002). La diferencia de los estudios con participantes humanos en los que se les presentaban miles de opciones puede radicar en dos

explicaciones. La primera explicación es sobre las medidas que se usan para analizar la variabilidad. Como se detalló anteriormente, el nivel de variabilidad que se observe puede depender de las medidas que se implementen al momento de analizar los datos. En el caso de esos estudios no había una medida estándar o típica de la variabilidad, por lo que existe la posibilidad de que no estuvieran considerando las diferencias entre pocas y muchas opciones, lo que generaba un efecto de poca variabilidad (Barba, 2012; Kong et al., 2017). Por ejemplo, Stokes & Harrison (2002) realizaron un experimento con participantes humanos en el que manipularon el número de opciones posibles totales y el número de respuestas para responder. En sus resultados mostraron un incremento de la variabilidad en función del incremento del número de posibles opciones totales. Los mismos autores concluyeron que la relación entre las variables puede generar diferentes efectos sobre programas de reforzamiento posteriores.

La segunda explicación es que en esos primeros estudios con humanos no se proporcionaba ningún tipo de retroalimentación sobre la tarea, lo que podía generar poco interés en la tarea y bajos niveles de variabilidad (Neuringer, 1986). En el caso del Experimento 2 en la condición con más de 65 mil opciones existe la posibilidad de que los sujetos no estuvieran haciendo contacto con el criterio de variabilidad y aun así seguir variando. El criterio de variación utilizado en ese experimento fue un Lag 5, el cual se considera un criterio permisivo, pues solo se requiere que la secuencia actual sea diferente a las 5 anteriores. En la condición con miles de opciones, hubo sesiones en las que ocurrieron 50 secuencias diferentes, por lo que la variación excedió considerablemente el requisito de reforzamiento. Una manipulación que podría ser de interés en estudios posteriores con múltiples opciones para responder sería utilizar criterios de Lag considerablemente más estrictos.

## **Las múltiples posibilidades del medio ambiente generan lo impredecible**

El incremento de la variabilidad conductual a partir de tener disponibles numerosas opciones podría ser evidencia a favor de la hipótesis del generador estocástico endógeno. Esto debido a que la conducta tiende a variar de manera natural mientras mayor cantidad de opciones se tengan, y eso permite que se puede reforzar el hacer cosas diferentes (Neuringer, 2002, 2004). En el análisis de la conducta, la diferenciación de una respuesta se ha explicado como análogo de la selección natural en la teoría de la evolución. Al igual que en la selección natural tiene que ocurrir variación para que pueda haber selección, a nivel conductual la variación de la conducta es fundamental para la selección de una respuesta (Baum, 2016; Skinner, 1953, 1982). En biología, la variación de las especies también es un tema de debate acerca del proceso o causa de esta característica de la naturaleza. Algunos autores en biología han sugerido, de forma similar a Neuringer y sus colaboradores que la variación es un proceso natural, necesario y aleatorio que aumenta a partir de la recombinación genética entre organismos. El incremento de las diferentes opciones ha permitido la generación de variaciones incluso dentro de la misma especie, lo que permite que eventualmente ciertas mutaciones favorezcan la sobrevivencia. (Jablonka, 2017; Lewontin, 2000). De la misma forma que a nivel natural en la biología, a un nivel operante la variabilidad de la conducta podría ocurrir de forma natural y aleatoria derivada de las múltiples combinaciones y arreglos del medio ambiente y las contingencias de reforzamiento. Si la conducta no variará de manera natural sería casi imposible reforzar su incremento o controlar diferentes niveles de variación con contingencias medioambientales. Una evidencia de esto es que, a pesar de reforzar la ocurrencia de una misma operante, esta rara vez será exactamente igual cada una de las instancias que ocurra (Keller & Schoenfeld, 1950). Existe la posibilidad de que la hipótesis del generador aleatorio sea compatible con la explicación en biología sobre la

variación de la naturaleza y el origen de la vida e incluso se pueda tener una evidencia de este generador en otro nivel de análisis. Sin embargo, esta idea aún está en desarrollo en otras ciencias y se encuentra sujeta a debate como sucede en el análisis de la conducta (Jablonka, 2017).

Una posible aportación de estos análisis sería poder explicar los patrones conductuales que están cercanos al extremo de completa aleatorización del continuo de variabilidad, en particular de los humanos. Schwartz (2004) ha argumentado que tener muchas opciones entre las cuales elegir suele generar malestar o sensaciones “negativas” asociadas a la conducta de elegir. Por ejemplo, Schwartz ha argumentado que en el mundo actual hay cerca de 30,000 diferentes productos en un solo supermercado, lo cual genera dificultades e incertidumbre cuando se tiene que elegir una opción entre tantas que hay disponibles. Por lo que, tener muchas opciones no es sinónimo de “mejor” o “bueno”, sino al contrario puede generar efectos negativos en los organismos. Previo a la realización de este experimento, había pocos estudios en los cuales se expusiera a animales no humanos a miles de diferentes opciones. Sin embargo, los resultados de este trabajo, y en particular los resultados del Experimento 2, sugieren que en el caso de la variabilidad incrementar las opciones facilitan la variación de la conducta, efecto que podría verse como contrario al sugerido por Schwartz. Una consideración sobre estos argumentos es que los análisis teóricos de Schwartz (2016) son sobre la conducta de elección, pero analizar la relación entre la elección y la variabilidad excede los propósitos de este trabajo y podría estudiarse en futuros experimentos. Dado el argumento de Schwartz, sería particularmente interesante analizar directamente la elección entre pocas y muchas opciones en procedimientos de variabilidad operante y analizar la relación entre la elección y el nivel de variabilidad (e.g., Neuringer, 1992; Neuringer et al., 2000).

En el caso de la variabilidad, tener disponibles múltiples opciones para responder parece facilitar que ocurran diferentes patrones conductuales en periodos cortos de tiempo, pero mientras más opciones hay menor es la probabilidad de que ocurra cada una de las conductas por lo que se vuelve casi impredecible la ocurrencia de cada una. En el medio ambiente de los humanos y de otros organismos fuera de los ambientes de laboratorio, hay cientos o miles de opciones entre las cuales elegir y adicionalmente cientos de posibles formas en las que pueden usarse las diferentes opciones (Schwartz, 2004). La combinación ente opciones genera incontables posibilidades que podrían generar la aparente “impredeción” de la conducta. La poca predicción del comportamiento de los organismos, sin embargo, no se debe a que escape de las contingencias de reforzamiento o debido a agencias internas de los organismos, como tradicionalmente se suele explicar en otras áreas de la psicología. La impredeción de algunas conductas parece radicar en la baja probabilidad que hay de que ocurra un patrón conductual debido a las incontables posibilidades que hay en el medio ambiente (Neuringer, 2004). A pesar de la cantidad de opciones, para la mayoría de los organismos las conductas que ocurren día a día son las mismas o muy similares, ir al trabajo o escuela, comer, lavarse los dientes, platicar con la misma persona, etc. Sin embargo, las posibilidades son muchas tanto intra-organismo como entre organismos, por lo que de esa forma se puede explicar que ocurra alguna variación en lo que habitualmente ocurre o que haya organismos que constantemente estén realizando diferentes conductas (Neuringer, 2004).

Otra implicación de los estos resultados de la presente tesis está dirigida a comprender las conductas denominadas creativas. La creatividad comúnmente se explica como conductas novedosas y adaptativas a algún criterio ambiental (Neuringer, 2003; Stokes, 1999). Desde una perspectiva del análisis de la conducta, las conductas novedosas pueden ocurrir como resultado

del reforzamiento de la variación. Si se refuerzan la ocurrencia de patrones nuevos y diferentes a los realizados anteriormente se incrementará la ocurrencia de esos patrones (Neuringer, 2002). Ese efecto se ha replicado con diferentes especies y múltiples procedimientos (Goetz & Baer; 1973, Holman et al., 1977; Manabe et al., 1997; Pryor et al., 1969; Saldana & Neuringer, 1998; Stokes & Balsam, 2001). Sin embargo, un argumento común es que novedad no es sinónimo de creatividad (Epstein, 2014; Neuringer, 1993; Stokes, 1999). El termino creatividad normalmente está asociado a una conducta totalmente nueva a lo ocurrido previamente y que además cumple con algún criterio ambiental. Los presentes experimentos podrían ser útiles para complementar la explicación de ese concepto. La contingencia de reforzamiento es fundamental para que ocurran conductas diferentes, pero para la ocurrencia de patrones creativos parece ser fundamental tener múltiples opciones entre las cuales elegir y poder combinar. Mientras más posibilidades existen en el ambiente, la probabilidad de la ocurrencia de una conducta especifica es más bajo, por lo tanto, la ocurrencia de esa conducta se puede convertir en totalmente novedosa en el ambiente. Es necesaria mayor investigación sobre este tema para poder determinar con mayor precisión las condiciones necesarias para generar este tipo de conductas en otros organismos.

### Referencias

- Antonitis, J. J. (1951). Response variability in the white rat during conditioning, extinction, and reconditioning. *Journal of Experimental Psychology*, 42, 273-281.  
<https://doi.org/10.1037/h0060407>
- Baddeley, A. D. (1966). The capacity for generating information by randomization. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 18(2), 119-129.  
<https://doi.org/10.1080/14640746608400019>

- Bakan, P. (1960). Response-tendencies in attempts to generate random binary series. *The American journal of psychology*, 73(1), 127-131.
- Balsam, P. D., Deich, J. D., Ohyama, T., & Stokes, P. D. (1998). Origins of new behavior. In W. T. O'Donohue (Ed.), *Learning and behavior therapy* (pp. 403–420). Allyn & Bacon.
- Barba, L. S., & Hunziker, M. H. (2002). Variabilidade de comportamental produzida por dois esquemas de reforçamento (Behavioral variability produced by two reinforcement schedules). *Acta Comportamentalia*, 10, 5-22.
- Barba, L. (2012). Operant variability: A conceptual analysis. *The Behavior Analyst*, 35(2), 213-227. <https://doi.org/10.1007/BF03392280>.
- Barba, L. (2015). Controlling and predicting unpredictable behavior. *The Behavior Analyst*, 38(1), 93-107. <https://doi.org/10.1007/s40614-014-0019-9>
- Baum, W. M. (2017). *Understanding behaviorism: Behavior, culture, and evolution*. John Wiley & Sons.
- Blaisdell, A. P., Stolyarova, A., & Stahlman, W. D. (2016). The Law of Expect or a Modified Law of Effect?. *Conductual*, 4(2).
- Blough, D. S. (1966). The reinforcement of least frequent interresponse times. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 581-591. <https://doi.org/10.1901/jeab.1966.9-581>
- Boren, J. J., Moerschbaeche, J. M., & Whyte, A. A. (1978). Variability of response location on fixed-ratio and fixed-interval schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 30, 65-67. <https://doi.org/10.1901/jeab.1978.30-63>
- Bryant, D., & Church, R.M. G. (1974). The determinants of random choice. *Animal Learning & Behavior*, 2, 245-248. <https://doi.org/10.3758/BF03199188>

- Chapanis, A. (1953). Random-number guessing behavior. *American Psychologist*, 8(1995), 1347-1363.
- Denney, J., & Neuringer, A. (1998). Behavioral variability is controlled by discriminative stimuli. *Animal Learning & Behavior*, 26, 154-162.  
<https://doi.org/10.3758/BF03199208>
- Doughty, A. H., & Galizio, A. (2015). Reinforced behavioral variability: Working towards an understanding of its behavioral mechanisms. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 104(3), 252–273. <https://doi.org/10.1002/jeab.171>.
- Eckerman, D. A., & Lanson, R. N. (1969). Variability of response location for pigeons responding under continuous reinforcement, intermittent reinforcement and extinction. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 73-80.  
<https://doi.org/10.1901/jeab.1969.12-73>
- Epstein, R. (2014). On the orderliness of behavioral variability: Insights from generativity theory. *Journal of Contextual Behavioral Science*, 3(4), 279–290. <https://doi.org/10.1016/j.jcbs.2014.08.004>.
- Ferraro, D. P., & Branch, K. H. (1968). Variability of response location during regular and partial reinforcement. *Psychological reports*, 23(3), 1023-1031.  
<https://doi.org/10.2466/pr0.1968.23.3f.1023>
- Glover, J. A. (1980). Contrasting novel and repetitive stimuli in creativity training. *Psychological Reports*, 136, 3-16.  
<https://doi.org/10.1080/00221325.1980.10534091>
- Glover, J., & Gary, A. L. (1976). Procedures to increase some aspects of creativity. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 9(1), 79-84. <https://doi.org/10.1901/jaba.1976.9-79>

- Goetz, E.M., & Baer, D.M. (1973). Social control of form diversity and emergence of new forms in children's blockbuilding. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 6, 209-217. <https://doi.org/10.1901/jaba.1973.6-209>
- Grunow, A., & Neuringer, A. (2002). Learning to vary and varying to learn. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 250-258. <https://doi.org/10.3758/BF03196279>
- Guthrie, E. R., & Horton, G. P. (1946). *Cats in a puzzle box*. Rinehart.
- Herrnstein, R. J. (1961). Stereotypy and intermittent reinforcement. *Science*, 133, 2067-2069. [10.1126/science.133.3470.2067-a](https://doi.org/10.1126/science.133.3470.2067-a). <https://doi.org/10.1126/science.133.3470.2067-a>
- Herrnstein, R. J. (1974). Formal properties of the matching law 1. *Journal of the experimental analysis of behavior*, 21(1), 159-164. <https://doi.org/10.1901/jeab.1974.21-159>
- Holman, J., Goetz, E.M., & Baer, D. M. (1977). The training of creativity as an operant and an examination of its generalization characteristics. In B. Etzel, J. LeBland, & D. Baer (Eds.), *New developments in behavior research: Theory, method and application* (pp. 441-471). Erlbaum.
- Holth, P. (2012). Variability as an operant? *The Behavior Analyst*, 35(2), 243. <https://doi.org/10.1007/BF03392283>
- Iyengar, S. S., & Lepper, M. R. (2000). When choice is demotivating: Can one desire too much of a good thing?. *Journal of personality and social psychology*, 79(6), 995-1006. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.6.995>
- Jablonka, E. (2017). The evolutionary implications of epigenetic inheritance. *Interface focus*, 7(5), 20160135. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0135>

- Jensen, G., Miller, C., & Neuringer, A. (2011). Truly random operant responding: Results and reasons. En (Eds) Wasserman, E.A., & Zentall, T. R. *Comparative cognition: Experimental explorations of animal intelligence*, 459-480.
- Katz, B. R., & Lattal, K. A. (2021). What is an extinction burst?: A case study in the analysis of transitional behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 115(1), 129-140. <https://doi.org/10.1002/jeab.642>
- Keller, F. S., & Schoenfeld, W. N. (1950). *Principles of psychology: A systematic text in the science of behavior* (Vol. 2). BF Skinner Foundation.
- Kong, X., McEwan, J. S., Bizo, L. A., & Foster, T. M. (2017). An analysis of U-Value as a measure of variability. *The Psychological Record*, 67(4), 581–586. <https://doi.org/10.1007/s40732-017-0219-2>.
- Lattal, K. A., St Peter, C., & Escobar, R. (2013). Operant extinction: Elimination and generation of behavior. In Madden, G. J., Dube, W. V., Hackenberg, T. D., Hanley, G. P., & Lattal, K. A. (2013). *APA handbook of behavior analysis, Vol. 2: Translating principles into practice* (pp. viii-607). American Psychological Association.
- Lewontin, R. C. (2000). *The triple helix: Gene, organism, and environment*. Harvard University Press.
- Lucas, G. A., Timberlake, W., & Gawley, D. J. (1988). Adjunctive behavior of the rat under periodic food delivery in a 24-hour environment. *Animal Learning & Behavior*, 16(1), 19-30. <https://doi.org/10.3758/BF03209039>
- Machado, A. (1989). Operant conditioning of behavioral variability using a percentile reinforcement schedule. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 52, 155-166. <https://doi.org/10.1901/jeab.1989.52-155>

- Machado, A. (1992). Behavioral variability and frequency-dependent selection. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *58*, 241-263. <https://doi.org/10.1901/jeab.1992.58-241>
- Machado, A. (1993). Learning variable and stereotypical sequences of responses: Some data and a new model. *Behavioural Processes*, *30*, 103-130. [https://doi.org/10.1016/0376-6357\(93\)90002-9](https://doi.org/10.1016/0376-6357(93)90002-9)
- Machado, A. (1997). Increasing the variability of response sequences in pigeons by adjusting the frequency of switching between two keys. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *68*, 1-25. <https://doi.org/10.1901/jeab.1997.68-1>
- Machado, A., & Tonneau, F. (2012). Operant variability: Procedures and processes. *The Behavior Analyst*, *35*(2), 249. <https://doi.org/10.1007/BF03392284>
- McElroy, E., & Neuringer, A. (1990). Effects of alcohol on reinforced repetitions and reinforced variations in rats. *Psychopharmacology*, *102*(1), 49-55. <https://doi.org/10.1007/BF02245743>
- Manabe, K., Staddon, J.E.R., & Cleaveland, J.M. (1997). Control of vocal repertoire by reward in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Journal of Comparative Psychology*, *111*, 50-62. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.111.1.50>
- Marr, M. J. (2012). Operant variability: Some random thoughts. *The Behavior Analyst*, *35*(2), 237. <https://doi.org/10.1007/BF03392282>
- Morgan, L., & Neuringer, A. (1990). Behavioral variability as a function of response topography and reinforcement contingency. *Animal Learning & Behavior*, *18*, 257-263. <https://doi.org/10.3758/BF03205284>

- Nergaard, S. K., & Holth, P. (2020). A critical review of the support for variability as an operant dimension. *Perspectives on Behavior Science*, 43(3), 579-603.  
<https://doi.org/10.1007/s40614-020-00262-y>
- Neuringer, A. (1986). Can people behave “randomly?”: The role of feedback. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 62-75. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.115.1.62>
- Neuringer, A. (1991). Operant variability and repetition as functions of interresponse time. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 17, 3-12.  
<https://doi.org/10.1037/0097-7403.17.1.3>
- Neuringer, A. (1992). Choosing to vary and repeat. *Psychological Science*, 3, 246-250.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1992.tb00037.x>
- Neuringer, A. (1993). Reinforced variation and selection. *Animal Learning & Behavior*, 21, 83-91. <https://doi.org/10.3758/BF03213386>
- Neuringer, A. (2002). *Reinforcement of response–sequence variability in young chicks*.  
Comunicación personal.
- Neuringer, A. (2002). Operant variability: Evidence, functions, and theory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 672-705. <https://doi.org/10.3758/BF03196324>
- Neuringer, A. (2003). Creativity and reinforced variability. In *Behavior theory and philosophy* (pp. 323-338). Springer, Boston, MA.
- Neuringer, A. (2004). Reinforced variability in animals and people: implications for adaptive action. *American psychologist*, 59(9), 891. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.9.891>
- Neuringer, A. (2012). Reinforcement and induction of operant variability. *The Behavior Analyst*, 35(2), 229-235. <https://doi.org/10.1007/BF03392281>

- Neuringer, A., Deiss, C., & Imig, S. (2000). Comparing choices and variations in people and rats: Two teaching experiments. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *32*, 407-416. <https://doi.org/10.3758/BF03200809>
- Neuringer, A., & Huntley, R. W. (1992). Reinforced variability in rats: Effects of gender, age and contingency. *Physiology & Behavior*, *51*, 145-149. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(92\)90216-O](https://doi.org/10.1016/0031-9384(92)90216-O)
- Neuringer, A., & Jensen, G. (2012). The predictably unpredictable operant. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, *7*, 55- 84. <https://doi.org/10.3819/ccbr.2012.70004>
- Neuringer, A., & Voss, C. (1993). Approximating chaotic behavior. *Psychological Science*, *4*, 113-119. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1993.tb00471.x>
- Page, S., & Neuringer, A. (1985). Variability is an operant. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *11*, 429-452. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.11.3.429>
- Pryor, K.W., Haag, R., & O'Reilly, J. (1969). The creative porpoise: Training for novel behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *12*, 653-661. <https://doi.org/10.1901/jeab.1969.12-653>
- Santillán, N., & Escobar, R. (2016). Variabilidad de la respuesta bajo reforzamiento continuo, intermitente y extinción: Una replicación sistemática de Antonitis. *Acta Comportamentalia: Revista Latina de Análisis de Comportamiento*, *24*(3), 249-265.
- Saldana, R. L., & Neuringer, A. (1998). Is instrumental variability abnormally high in children exhibiting ADHD and aggressive behavior? *Behavioural Brain Research*, *94*, 51-59. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(97\)00169-1](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(97)00169-1)

- Schoenfeld, W. N., Cumming, W. W., & Hearst, E. (1956). On the classification of reinforcement schedules. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *42*, 563-570. doi: 0.1073/pnas.42.8.563
- Schoenfeld, W. N., Harris, A. H., & Farmer, J. (1966). Conditioning response variability. *Psychological Reports*, *19*, 551-557. <https://doi.org/10.2466/pr0.1966.19.2.551>
- Schwartz, B. (1980). Development of complex stereotyped behavior in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *33*, 153-166. <https://doi.org/10.1901/jeab.1980.33-153>
- Schwartz, B. (1981). Reinforcement creates behavioral units. *Behaviour Analysis Letters*, *1*, 33-41.
- Schwartz, B. (1982). Failure to produce variability with reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *37*, 171-181. <https://doi.org/10.1901/jeab.1982.37-171>
- Schwartz, B. (2004). *The paradox of choice: Why more is less*. New York.
- Schwartz, B., & Ward, A. (2004). Doing better but feeling worse: The paradox of choice. *Positive psychology in practice*, 86-104. 10.1002/9780470939338
- Shimp, C. P. (1967). Reinforcement of least-frequent sequences of choices. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *10*, 57-65. <https://doi.org/10.1901/jeab.1967.10-57>
- Shull, R. L. (1991). Mathematical description of operant behavior: An introduction. In *Techniques in the behavioral and neural sciences* (Vol. 6, pp. 243-282). Elsevier.
- Skinner, B. F. (1935). The generic nature of the concepts of stimulus and response. *The Journal of General Psychology*, *12*(1), 40-65. <https://doi.org/10.1080/00221309.1935.9920087>
- Skinner, B. F. (1950). Operant behavior. *American psychologist*, *18*(8), 503.

- Skinner, B. F. (1984). Selection by consequences. *Behavioral and brain sciences*, 7(4), 477-481. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0002673X>
- Stokes, P. D. (1995). Learned variability. *Animal Learning & Behavior*, 23, 164-176. <https://doi.org/10.3758/BF03199931>
- Stokes, P. D., & Balsam, P. D. (2001). An optimal period for setting sustained variability levels. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 177-184. <https://doi.org/10.3758/BF03196155>
- Stokes, P. D., & Harrison, H. M. (2002). Constraints have different concurrent effects and aftereffects on variability. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(4), 552-566. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.131.4.552>
- Tatham, T. A., Wanchisen, B. A., & Hinline, P. N. (1993). Effects of fixed and variable ratios on human behavioral variability. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 59(2), 349-359. <https://doi.org/10.1901/jeab.1993.59-349>
- Teraoka, T. (1963). Some serial properties of "subjective randomness" *Japanese Psychological Research*, 5(3), 120-128.
- Tremont, P. J. (1984). Variability of force and interresponse time under random interval reinforcement schedules. *Behavioural Processes*, 9, 413-420. [https://doi.org/10.1016/0376-6357\(84\)90026-3](https://doi.org/10.1016/0376-6357(84)90026-3)
- Tune, G. S. (1964). A brief survey of variables that influence random-generation. *Perceptual and motor skills*, 18(3), 705-710.
- Van der Linden, M., Beerten, A., & Pesenti, M. (1998). Age related differences in random generation. *Brain & Cognition*, 38, 1-16. <https://doi.org/10.1006/brcg.1997.0969>

- Van Hest, A., van Haaren, F., & van de Poll, N. E. (1989). Operant conditioning of response variability in male and female Wistar rats. *Physiology & Behavior, 45*, 551-555.  
[https://doi.org/10.1016/0031-9384\(89\)90072-3](https://doi.org/10.1016/0031-9384(89)90072-3)
- Wagenaar, W. A. (1972). Generation of random sequences by human subjects: A critical survey of literature. *Psychological Bulletin, 77*(1), 65. <https://doi.org/10.1037/h0032060>.
- Warren, P. A., & Morin, R. E. (1965). Random generation: Number of symbols to be randomized and time per response. *Psychonomic Science, 3*(1), 557-558.  
<https://doi.org/10.3758/BF03343282>
- Weiss, R. L. (1964). On producing random responses. *Psychological Reports, 14*(3), 931-941.