



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**EVALUACIÓN DE PREFERENCIAS EN UNA TAREA DE
FORRAJE O EN RATAS**

T E S I S:

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA**

P R E S E N T A:

GUSTAVO ALBERTO AGUILAR DEL VALLE

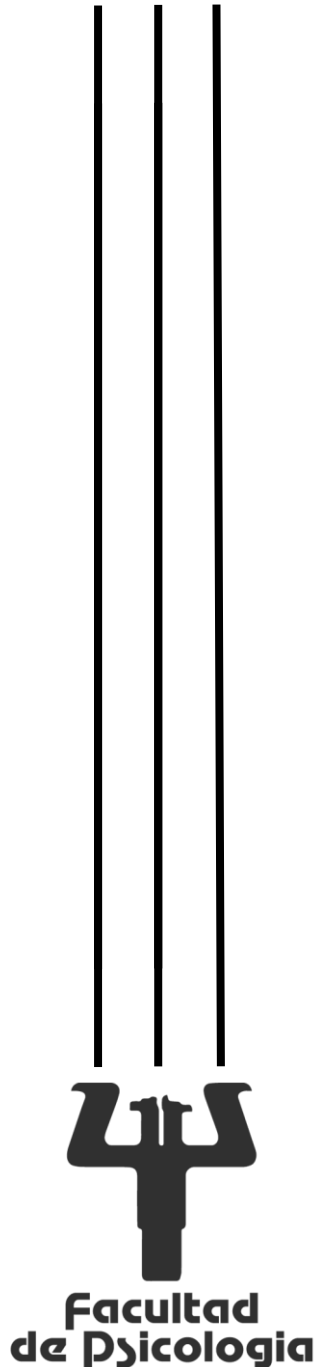
DIRECTOR: DR. ÓSCAR VALDIMIR ORDUNA TRUJILLO

REVISOR: DR. ÓSCAR ZAMORA ARÉVALO

SINODALES: DR. JULIO ESPINOSA RODRÍGUEZ

DR. ÁNGEL EUGENIO TOVAR Y ROMO

DR. LUIS RODOLFO BERNAL GAMBOA



CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, 2019



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.

Agradecimientos

Mis más grandes agradecimientos al Doctor Vladimir por su increíble paciencia durante este largo proceso, estoy agradecido por todo el apoyo, por las oportunidades dentro del laboratorio, por el conocimiento que me llevo de los proyectos, de los seminarios y clases. Además, agradezco mucho todas las facilidades que me brindó durante todos estos años.

Por supuesto, muchas gracias al Doctor Zámora que me abrió las puertas de su laboratorio, por los comentarios y el conocimiento que me logró transmitir.

A mis sinodales, el Doctor Julio, el Doctor Tóvar y el Doctor Rodolfo por sus comentarios y observaciones para mejorar el presente trabajo; sobretodo, agradezco el conocimiento que me brindaron durante la licenciatura.

Y a mi familia, por el apoyo y la paciencia durante todos estos años.

Índice

Resumen	4
Introducción	6
Forrajeo: reglas a largo plazo	10
Método experimento 1	13
Sujetos	13
Aparatos	13
Procedimiento	14
Pre-entrenamiento	14
Entrenamiento	15
Ensayos libres	16
Reversión	17
Análisis de datos	17
Resultados	18
Discusión	20
Sujetos	21
Aparatos	22
Procedimiento	22
Entrenamiento	22
Ensayos forzados	23
Ensayos libres	24
Reversión	25
Resultados	25
Discusión	28
Discusión General	29
Simulación del modelo de Forrajeo	30
Referencias	36

Resumen

El presente trabajo tiene como referencia un procedimiento que simula forrajeo y que en investigaciones recientes se ha utilizado para conocer las preferencias de diferentes especies. En la tarea hay dos alternativas, si la primera elección fue hacia la opción *más rica*, recibe un reforzador, y tiene disponible la otra alternativa para que obtenga un segundo reforzador. Pero si elige la alternativa *menos rica* como primera elección, obtiene sólo el reforzador de esa opción. En los primeros reportes se evaluaron a especies como peces limpiadores, orangutanes, monos capuchinos, chimpancés, loros grises y palomas, los resultados arrojaron que solamente los peces limpiadores y los loros grises eligen de manera preferente la alternativa *más rica*, mientras que el resto de las especies elegían la otra opción, la *menos rica*. Para continuar con la evaluación entre especies, en este estudio se adaptó el procedimiento en ratas. Se realizaron un par de experimentos, en el primero se mantuvieron las condiciones estándar del procedimiento en una caja de condicionamiento operante en la que cada palanca estaba asociada a una de las alternativas, la *más rica* y *menos rica*. En el segundo, se manipuló la forma en la que se presentaron los estímulos, se utilizó una pared de cinco orificios en la que los dos orificios de los extremos fueron asociados con cada una de las alternativas. En ambos experimentos, las ratas prefirieron la alternativa *más rica*, contrastando con los resultados en la literatura, en donde especies como: chimpancés, monos araña, loros grises prefirieron la alternativa *menos rica* y las palomas fueron indiferentes entre ambas alternativas. Las principales hipótesis sobre este fenómeno apuntaban sobre todo a que las diferencias evolutivas y ecológicas eran los factores principales para que una especie eligiera alguna de las dos alternativas. Sin embargo, con el objetivo de enriquecer estas explicaciones, este estudio propone un modelo de

forrajeo; en el cual se miden los valores a largo plazo de cada una de las alternativas a partir de valores temporales y cantidades de reforzadores; con la finalidad de encontrar los factores a los que son sensibles los organismos para preferir alguna de las opciones en este procedimiento.

Palabras Clave: *explotación de parcelas forrajeo, maximización, ratas*

Introducción

La psicología y la ecología tienen ciertas afinidades teóricas, sin embargo, la manera de abordarlas es diferente, tal es el caso de la optimización. Kamil y Mauldon (1988) han definido que, dentro de la ecología conductual, la teoría de optimización tiene sus raíces en el análisis de las ocurrencias de eventos en el entorno natural de los organismos. Por ejemplo, las propiedades de las presas, la localización de las fuentes de alimentación, etc. (Stephens, 2008). La premisa principal de estas investigaciones se centra en la maximización de las propiedades estadísticas del ambiente, tales como cambio y predictibilidad, que determinan el valor de las decisiones de los forrajeadores (Stephens, 2007). En este sentido, la tasa de maximización se define como las ganancias evaluadas en términos de la tasa de logros inmediatos, pero se evalúan en términos de oportunidades perdidas para obtener lo mejor (Stephens & Krebs, 1986).

En la psicología, el objetivo de la optimización se centra en maximizar el promedio de las probabilidades de reforzamiento como una propiedad de la conducta operante (Staddon, 2010), entendiendo como maximización a elegir siempre la alternativa que tenga la mayor probabilidad de ser reforzada en un momento dado (Hinson & Lockhead, 1987). Lo que ha llevado a asumir que existen principios que controlan el comportamiento que se pueden generalizar a todos los organismos (Stevens & Stephens, 2010).

Uno de los modelos utilizados para evaluar la concepción de optimización dentro del área de la psicología y la ecología fue el pez limpiador (*Labroides dimidiatus*). El cual obtiene alimento comiendo los parásitos de otros peces más grandes. Su forma de obtener alimento se ha estudiado desde la perspectiva de la teoría de juegos (Bshary &

Grutter, 2005, 2006; Pinto, Oates, Grutter & Bshary, 2011), reconocimiento de señales (Tebbich, S., Bshary, R., & Grutter, A. S., 2002) y cooperación (Grutter, 2010; Bshary, Gingins & Vail, 2014).

Este tipo de pez nada dentro un pequeño territorio, llamado estación de limpieza. En ese territorio hay peces que pasan largo tiempo, a los que se les llama *peces permanentes*, que ofrecen a los peces limpiadores una fuente nutritiva. También hay peces que pasan poco tiempo en la estación de limpieza, llamados *peces efímeros*, que representan una fuente más rica y nutritiva que la de los *permanentes*. Sin embargo, si los *peces efímeros* no reciben el servicio de limpieza estos se van, perdiendo esa fuente de alimento. El pez limpiador prefiere limpiar primero a los peces *efímeros* y después va con los *peces permanentes*, maximizando la cantidad de reforzador (Bshary, 2002).

Para tener evidencia empírica de esta conducta de forrajeo de los peces limpiadores, se llevó esta tarea en un experimento donde un plato representaba la opción efímera y otro plato la opción permanente. Cada plato tiene un reforzador, escoger el plato *permanente* le da ese reforzador, pero se retira el otro plato, escoger el plato *efímero* le da el puré de ese plato y la posibilidad de ir al otro plato. El pez limpiador escoge en la mayoría de las ocasiones el plato *efímero* (Wismer, Pinto, Vail, Grutter & Bshary, 2014).

Para conocer si esta conducta se repetía en otras especies, se adaptó el procedimiento comparando peces limpiadores, monos capuchinos, chimpancés y orangutanes (Salwiczek, Prétôt, Demarta, Proctor, Essler, Pinto & Bshary, 2012), sólo que en los monos la presentación de los reforzadores se hizo de manera *manual* (se les

daban los reforzadores con la mano). Esta tarea reveló que los únicos que elegían la opción que les permitía ganar dos reforzadores fueron los peces limpiadores, quienes elegían consistentemente la opción *efímera*, en comparación con los monos capuchinos, chimpancés y orangutanes quienes elegían la opción *permanente*.

Posteriormente, Pepperberg y Hartsfield (2014), usando el mismo procedimiento, pero con la presentación manual de los reforzadores, evaluó el comportamiento de los loros grises, encontrando que elegían la opción *efímera*, coincidiendo con los peces.

A partir de estos hallazgos, Zentall, Case y Luong (2016) variaron el procedimiento para adaptarlo en palomas. En un primer experimento, presentaron de manera manual los reforzadores para conocer si el hecho de que se observen las opciones con sus reforzadores tenían una influencia en la forma en la que deciden. En un segundo experimento, usó cajas experimentales para poder tener un control automatizado en la presentación de las opciones y en un último experimento, cambió el color de la opción *permanente (que definieron como subóptima)* cuando su primer elección había sido la *efímera (definida como óptima)*, estas modificaciones se realizaron para restarle valor reforzante al estímulo discriminativo de la opción subóptima, ya que en cualquiera de los dos tipos de elección, esa opción siempre seguía de un reforzador. Esta vez, la especie que se puso a prueba fueron palomas, quienes fueron indiferentes en las tres condiciones experimentales, ya que no tenían preferencia sobre alguna de las dos opciones.

Prêtot et al (2016), continuaron la comparación con monos; esta vez, les presentaban las dos opciones en una pantalla, con diferente forma y color. La opción

óptima se movía a los extremos de la pantalla cuando iniciaba cada ensayo mientras que la opción subóptima, se mantenía en el mismo sitio *vibrando*. Este cambio tuvo como objetivo hacer más saliente la opción óptima, y esto provocó que los monos prefirieran la opción óptima.

En otro experimento de Zentall, Case y Berry (2017), se probó que una demora en la presentación de los reforzadores, ya sea eligiendo como primera opción la óptima o subóptima, hacía que las ratas eligieran en su mayoría de las veces la opción óptima y posteriormente, se replicaron los resultados usando las mismas condiciones, pero con palomas (Zentall, Case & Berry, 2017).

La literatura ha propuesto un par de teorías para explicar el comportamiento de los organismos en este procedimiento. Una de ellas es la de las *habilidades cognitivas* que permite trazar las raíces evolutivas de esas habilidades debido a ancestros en común. Además, ésta enfatiza el desarrollo filogenético, en particular a las restricciones en la estructura cerebral y anatómica para el desarrollo de habilidades cognitivas; sus principales hallazgos hasta ahora se centran en monos y chimpancés (Bshary, Salwiczek, & Wickler, 2007).

La *aproximación ecológica* que propone que todas las especies están adaptadas a sus nichos ecológicos, por lo que, si sus nichos cambian, los individuos deberían ser capaces de resolver esos problemas con procesos de aprendizaje más que con estrategias genéticas fijas. Así mismo, especies de diferentes taxias pero con similares ambientes, deberían de tener habilidades similares para resolver cualquier problema, y

especies similares pero con ambientes distintos, podrían tener diferentes habilidades cognitivas (Shettleworth, 1994).

Forrajeo: reglas a largo plazo

Los animales forrajeadores deben evaluar las consecuencias de sus acciones sobre un horizonte temporal finito y cada que toma una decisión en una parcela (fuente de alimento), trata de obtener la tasa más alta de beneficios (Stephens & Anderson, 2001).

Por ello se puede asumir que los organismos elijen en la mayoría de las ocasiones la opción que le de las mayores ganancias con los costos más bajos (Stephens & Krebs, 1986).

Los modelos tradicionales de forrajeo se derivan de la premisa de maximizar la tasa de consumo sobre una serie de decisiones, a este supuesto se le llama *maximización de la tasa a largo plazo* (Stevens & Stephens, 2010). El modelo siguiente refleja esta lógica:

$$\max \frac{\sum_{i=1}^n G_i}{\sum_{i=1}^n T_i}$$

donde G_i es la energía ganada del elemento i de comida, T_i es el tiempo necesario para adquirir ese elemento y n es la cantidad de elementos de comida disponibles en esa opción (Bateson & Kacelnik, 1996), por lo que en promedio, los forrajeadores deberían obtener la mayor ganancia de energía durante el tiempo dedicado a forrajear.

Entonces, si un organismo decide quedarse o irse de una parcela (alternativa), primeramente, debe evaluar cuánto tiempo tarda en explotar cada alternativa (tiempo que le toma obtener los recursos de la parcela) y la cantidad de recursos que puede

obtener, lo que se conoce como *función de ganancia*. Posteriormente, también deberían de analizar la riqueza del ambiente. En un ambiente rico, los tiempos de traslado son cortos, mientras que, en los pobres, son tiempos largos por la poca disponibilidad de recursos (Stephens, 2008).

Un modelo que evalúa la tasa de ganancias a largo plazo con dos opciones de parcelas predice que, si un forrajeador decide irse, obtiene una tasa de ganancia de

$$\frac{B_1}{\tau + t_1}$$

donde B_1 es la cantidad de comida obtenida en la primera alternativa, τ es el tiempo de traslado (experimentalmente se considera como el intervalo entre ensayos) y t_1 es el tiempo de explotación de la primera alternativa.

Si el forrajeador decide quedarse, obtiene una tasa de ganancias a largo plazo de

$$\frac{B_1 + B_2}{\tau + t_1 + t_2}$$

donde B_2 es la cantidad de reforzador obtenido en la segunda alternativa y t_2 es el tiempo de explotación de la segunda alternativa. La figura 1 muestra gráficamente cómo se encuentran distribuidos cada uno de los elementos si un forrajeador decide *quedarse* o *irse* de una alternativa.

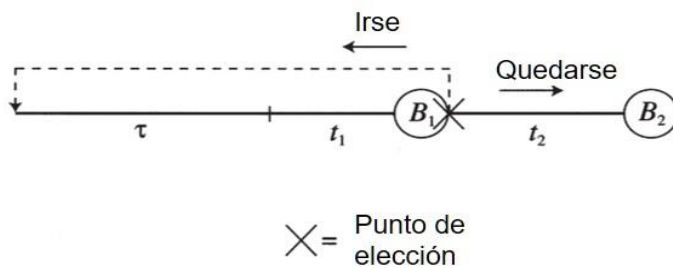


Figura 1. Representación de los dos tipos de elección, irse o quedarse de una alternativa.

En donde elegir una alternativa implica el tiempo de traslado y adicionalmente el tiempo de explotación ($\tau + t_1$) hasta que se recibe el reforzador (B_1), en ese momento un forrajeador debe decidir continuar en esa alternativa o irse. Si elige irse, el ciclo comienza nuevamente desde el traslado. Pero si decide quedarse, entonces pasará otro tiempo de explotación (t_2) y se entregará el segundo reforzador (B_2).

Evidentemente, si se compara ambas opciones a largo plazo, es mucho mejor quedarse

$$\frac{B_1}{\tau + t_1} > \frac{B_1 + B_2}{\tau + t_1 + t_2}$$

Sin embargo, en el modelo anterior se ignoran las reglas a corto plazo. Los forrajeadores tienden a comparar B_1 en t_1 y a B_2 en t_2 , pero ignoran τ , por lo que eligen la opción que les dará menos reforzadores a largo plazo (Stevens y Stephens, 2010).

Este hallazgo lo reportan Stephens y Anderson (2001), en el que usan un modelo de autocontrol en arrendajos azules y encontraron que preferían la opción inmediata que les daba menos cantidad de reforzadores. Este resultado apoya el argumento de la *racionalidad ecológica*, esta sugiere que la selección natural ha favorecido un mecanismo basado en comparaciones de tasas a corto plazo porque estas reglas se aproximan a la maximización de la tasa a largo plazo en muchos contextos de decisión naturales.

De esta manera, el objetivo del presente estudio es continuar con la comparación entre especies que se ha realizado en la literatura, en este caso, evaluamos el comportamiento de las ratas. El Experimento 1 se realizó con el fin de replicar las condiciones de los procedimientos reportados en la literatura, esto es, presentar dos alternativas (*menos rica* y *más rica*), con el fin observar cuál era la preferencia de las

ratas. En la siguiente fase del experimento se revirtió la posición de cada alternativa, para comprobar que no hubiera preferencia por posición. En el experimento 2 se manipularon las condiciones, tales como posiciones, respuestas y traslados, para simular las condiciones de forrajeo en un ambiente natural y, sobre todo, para analizar si las preferencias se revertían o continuaban siendo las mismas del primer experimento; de igual manera se revirtió la posición de cada alternativa.

Método experimento 1

Sujetos

Se utilizaron 8 ratas wistar, 6 hembras de 12 semanas y 2 machos de 20 semanas. Fueron adquiridas en la Facultad de psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las hembras fueron alojadas en grupos de 3 dentro de una caja de policarbonato, mientras que los dos machos estuvieron en un solo compartimiento.

Al inicio del experimento el peso promedio (\pm EEM) de las hembras fue de 289.36 ± 2.09 g y el de los machos 523 ± 6.15 g. Todos los sujetos fueron experimentalmente ingenuos.

Las sesiones experimentales fueron llevadas a cabo a las 13:30 h. Inmediatamente después de cada sesión experimental, tenían 40 minutos de comida libre. Se mantuvieron al 80% de su peso.

Aparatos

Se usaron ocho cajas de condicionamiento operante (MED Associates, St. Alban, VT), cuatro del modelo ENVP 008-VP de 30.5 x 24.1 de base y 21 cm de altura; y cuatro ENV 007-VP de 30.5 cm x 24.1 cm de base y 29.2 cm de altura. Cada caja tenía dos palancas de respuesta retráctiles asociadas con un triple estimulador de luces situado a 1.5 cm encima de las palancas. Cada triple estimulador consistía en una barra de acrílico

montada en una superficie de aluminio con tres aberturas de 1 cm de diámetro y separadas por 0.6 cm, estos podían encender (de izquierda a derecha) luces de color rojo, blanco y azul vía LEDs ultrabrillantes.

Durante el pre-entrenamiento se usaron pellets de 45mg (TestDiet, producto 5TUT) que sirvieron como reforzador. Ya en el experimento, se usó aproximadamente 0.13 mL de leche azucarada como reforzador (15% de leche en polvo, Alpura, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México; 6% de azúcar disuelta en agua). La presentación de los estímulos y el registro de los datos fueron controlados usando el software Med-PC-IV®.

Procedimiento

Pre-entrenamiento

Los sujetos fueron entrenados durante 10 sesiones con un procedimiento de automoldeamiento descrito por Saunders and Robinson (2012). Seguido por dos sesiones con un programa concurrente de razón fija (RF1) en ambas palancas. Con el único propósito de evitar preferencia de lugar, después de que la respuesta de presionar ambas palancas fue establecida, los sujetos fueron expuestos a 4 sesiones de un procedimiento con 100 ensayos, en los que cada palanca fue presentada con probabilidad de 0.5, cada palanca presionada entregaba un reforzador inmediatamente. Al final del procedimiento todos los sujetos mostraban latencias similares en ambas palancas, lo cual fue el criterio que se consideró para que pudieran comenzar con la fase experimental.

Entrenamiento

Cada sesión consistió en 50 ensayos, divididos por bloques de 5 ensayos en los que, de manera aleatoria, dos ensayos fueron forzados y tres eran de elección libre. El intervalo entre ensayos (IEE) fue de 20 s.

En esta condición sólo se necesitaron 10 sesiones para que se mostrara una estabilidad en los datos, el criterio que se siguió es que la preferencia hacia la opción *más rica* estuviera arriba del 80% en tres sesiones seguidas.

Ensayos forzados

Los ensayos forzados se implementaron para que las ratas estuvieran en contacto con las contingencias de cada alternativa; además, son útiles para el registro de las latencias y las correlaciones con las preferencias.

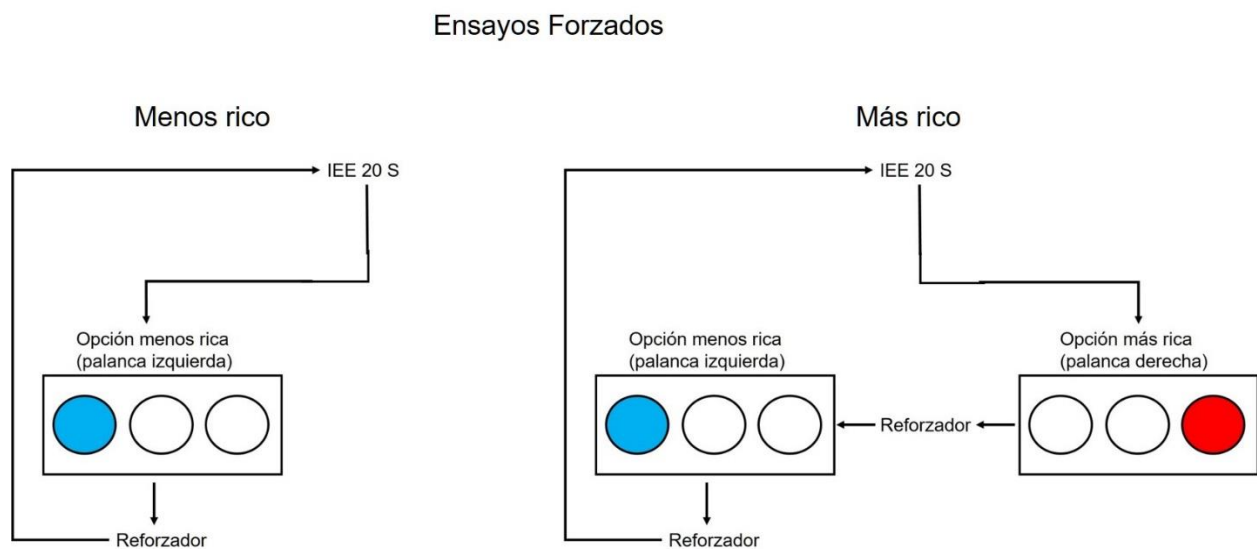


Figura 2. Ensayos forzados para cada opción, la más rica y menos rica.

La figura 2 muestra la representación de los dos tipos de ensayos forzados, en el caso de los ensayos forzados *menos ricos*, sólo se mostraba la opción asociada a esa opción, en este caso la luz azul del lado izquierdo, cuando la rata palanqueaba, la palanca se

retraía y la luz se apagaba, recibía el reforzador inmediatamente y empezaba a correr el IEE. Lo llamamos menos ricos porque sólo recibe un reforzador en esta alternativa.

En los ensayos forzados de la opción *más rica*, se presentaba la palanca derecha y la luz roja, cuando la rata palanqueaba, esa palanca se retraía, recibía el reforzador de inmediato, además la luz azul del lado izquierdo se prendía y la palanca se presentaba. Ya que la rata palanqueaba también en esa alternativa, sucedía lo mismo, la palanca se retraía y se apagaba su respectiva luz. Entonces iniciaba el IEE. Este ensayo forzado le permite obtener a la rata dos reforzadores de manera global, por lo que es *más rica* en términos de ganancias.

Ensayos libres

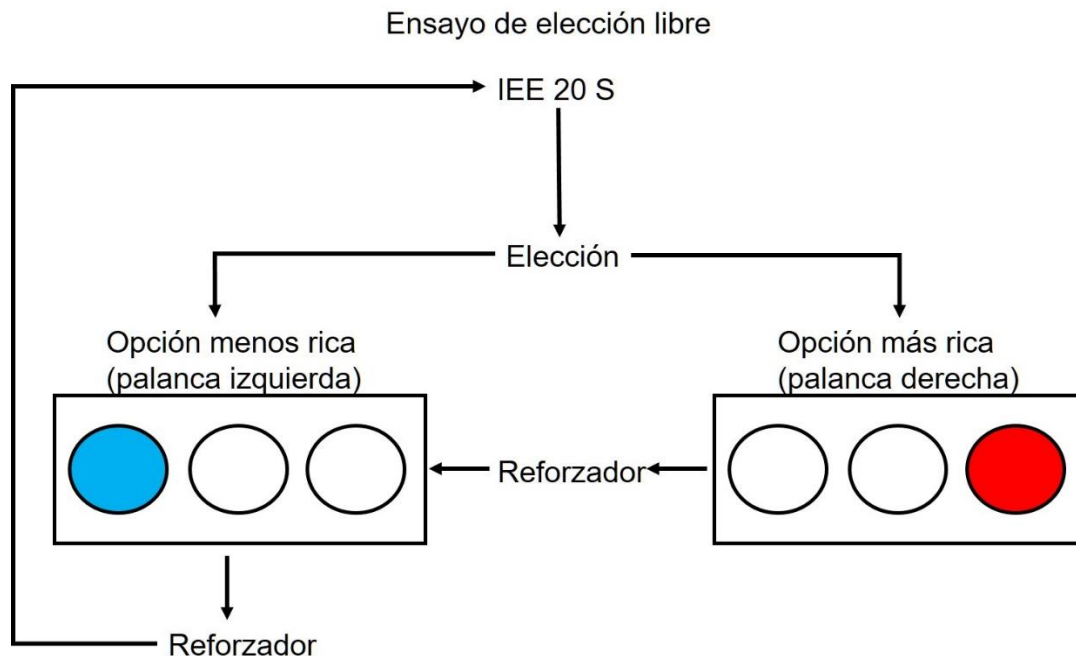


Figura 3. Ensayo de elección libre de la fase de entrenamiento.

La figura 3 muestra la representación de un ensayo libre, en el que a la rata se le muestran dos opciones (*más rica o menos rica*). La opción *más rica* se señala con una luz roja de lado derecho y la opción *menos rica* se señala con una luz azul a la izquierda.

Si la rata eligió la opción *más rica*, entonces se entregaba un reforzador de manera inmediata, además se retraía la palanca de esa opción, pero la palanca y la luz azul de la opción *menos rica* permanecía encendida permitiendo a la rata presionarla para obtener otro reforzador. Finalmente se retraía esa palanca y quedaba oscurecida la cámara durante 20 s. (IEE); al terminar el IEE nuevamente ambas alternativas estaban disponibles.

Si la rata presionaba primero la palanca de la opción *menos rica* se le entregaba un reforzador y ambas palancas se retraían, todo quedaba apagado y empezaba a correr el IEE.

Reversión

En esta fase, lo único que se modificó es la posición de cada alternativa, ahora la opción *más rica* se encontraba del lado izquierdo con la luz roja y la *menos rica* del lado derecho con la luz azul. La modificación se hizo tanto para los ensayos libres como los forzados. Se tomó la decisión de tener esta fase para evaluar si las preferencias de las ratas no estaban influenciadas por la posición en lugar de las contingencias. En esta condición se necesitaron 37 sesiones para que la preferencia hacia la opción *más rica* estuviera por encima del 80% durante al menos 3 sesiones.

Análisis de datos

El promedio del porcentaje de elección de la opción *más rica* de las últimas tres sesiones de cada condición y el promedio de las medianas de la latencia de respuesta

en los ensayos forzados de las últimas tres sesiones de cada condición fueron analizados. Las medidas fueron transformadas a logits y logs respectivamente.

Una prueba T de Student para una sola muestra fue empleada para comparar el porcentaje de elección para la alternativa *más rica* con la indiferencia. Para evaluar las latencias durante los ensayos forzados se usó una ANOVA de medidas repetidas con las alternativas y condiciones como factores entre sujetos.

Resultados

La figura 4 muestra el promedio de la preferencia para la opción *más rica* durante las primeras sesiones de los primeros 10 ensayos de entrenamiento. En su primera sesión mostraron ser indiferentes (44.6%, EEM \pm 9.4), pero esto cambió rápidamente mientras pasaban las sesiones, porque incrementó la preferencia a la opción *más rica*, para asegurarnos que esta preferencia era diferente a la indiferencia, la prueba T de una sola muestra nos mostró que al final de la condición, la preferencia de las últimas tres sesiones era significativamente diferente a la indiferencia (91.1 \pm 2.5 (Media \pm EEM); $t(7)=16.4$, $p < 0.001$)

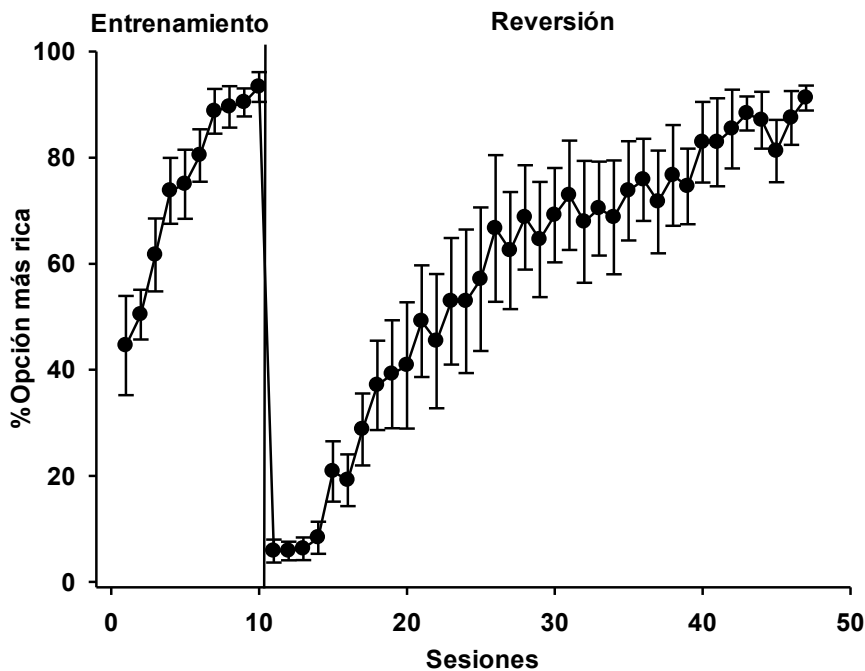


Figure 4. Porcentaje de elección hacia la opción más rica en ambas condiciones, entrenamiento y reversión (Media de cada grupo de datos \pm EEM).

En la condición de reversión, que inició desde la sesión 11, la preferencia por la alternativa *más rica* se recuperó lentamente y al final de la condición, fue similar a la del entrenamiento. En las últimas de la reversión, el promedio de la preferencia a la opción *más rica* fue de $89.7\% \pm 4.1$ y fue significativamente diferente de la indiferencia ($t(7) = 9.6$, $p < 0.001$).

La figura 5 representa la latencia de los ensayos forzados en ambas alternativas, la *más rica* y la *menos rica*, a través de todas las sesiones experimentales (panel a), y durante las últimas tres sesiones de cada condición (panel b). En la condición de entrenamiento la latencia para la alternativa *más rica* fue más corta que la latencia de la opción *menos rica*. Un patrón similar fue observado en la condición de reversión. La

prueba ANOVA de medidas repetidas reveló un efecto significativo en las alternativas ($F(1,7)= 48.46, p< 0.001$), pero no en ambas condiciones ($F(1,7)= 2.91, p=0.13$) y mucho menos en la interacción entre alternativa y condición ($F(1,7)= 0.34, p=0.58$).

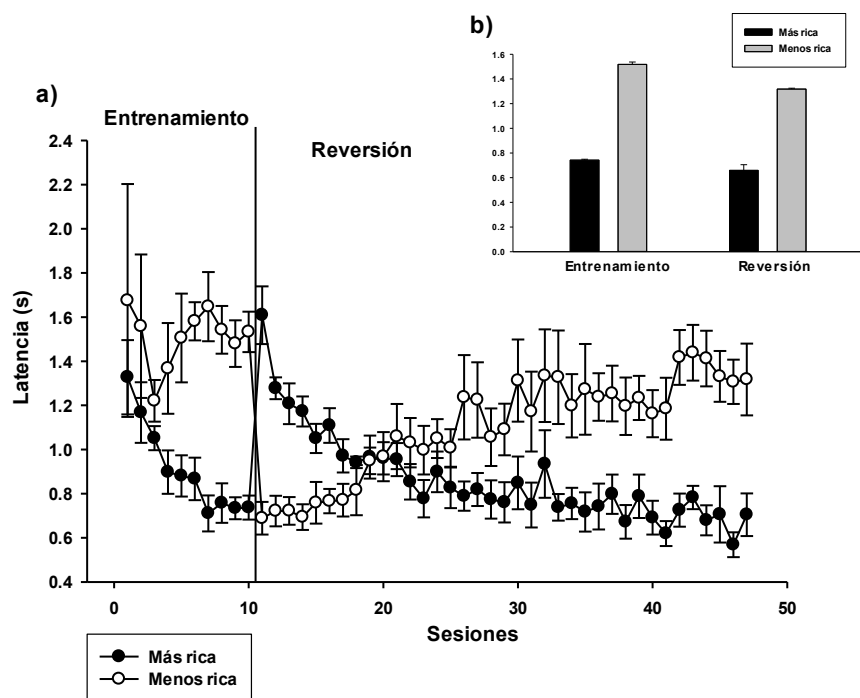


Figure 5. Panel a) Medianas de las latencias de ambas alternativas en la condición experimental y de reversión. Panel b) Promedio de las medianas de las latencias de ambas alternativas en los ensayos forzados de los últimos 3 ensayos de cada condición (media de cada grupo de datos \pm EEM).

Discusión

Los resultados del primer experimento no coinciden con los hallazgos reportados con otras especies (monos araña, chimpancés, loros grises y palomas). Las ratas, en el mismo procedimiento, prefirieron la opción que les da mayor cantidad de reforzadores, tal como lo hicieron los loros grises de Pepperberg (2014). El cambio sustancial del procedimiento fue agregar ensayos forzados, los cuales fueron añadidos para que las

ratas estuvieran en contacto directo con las contingencias de cada alternativa, de esta manera se evitaba que las elecciones fueran al azar o por la falta de información en cada alternativa como se reportó en los primeros experimentos, donde sólo estuvieron en contacto con las alternativas 100 veces. Por ello, se observó la rápida preferencia hacia la opción más rica conforme pasaban las sesiones en la fase de entrenamiento y en la reversión. En esta última fase, a pesar del cambio de posición, la preferencia siguió siendo marcada a la opción *más rica*, aunque se demoró más de 30 sesiones en lograrse este tipo de preferencia, sin embargo, se puede explicar por el cambio completo en la configuración de las contingencias.

Por otra parte, la literatura siempre ha relacionado la latencia con el aprendizaje (Chance, 1999), mientras más corta sea la latencia, es un indicador de que un organismo está aprendiendo y además, es un indicador de la preferencia. Y las ratas, en los ensayos forzados, muestran esa relación. Cuando el ensayo forzado es de la opción *más rica*, sus latencias son más cortas en comparación con la opción *menos rica*, lo significa que aprendieron y preferían que una opción les daba más comida que la otra.

Método experimento 2

Sujetos

Los sujetos fueron los mismos del experimento 1, se mantuvieron todas las condiciones tanto en la presentación del alimento, el horario del inicio de las sesiones y el lugar de alojamiento de las ratas.

Aparatos

Se usaron 4 cajas de condicionamiento operante (MED Associates, St. Alban, VT). Las características de las cajas son las mismas ya descritas previamente, sin embargo, para este experimento se usó la pared de five choice iluminada.

Procedimiento

Entrenamiento

El segundo experimento tiene el objetivo de evaluar si con una operante diferente, la preferencia hacia la alternativa *más rica* se podría mantener. Además, de que las ratas deben de trasladarse de un extremo a otro de la caja operante para responder y recibir su reforzador, este simple cambio nos permite tener información acerca de la valoración de cada alternativa a partir de los tiempos de traslado y el esfuerzo.

Como en el experimento anterior, cada sesión consistió en 50 ensayos, divididos por bloques de 5 ensayos en los que, de manera aleatoria, dos ensayos fueron forzados y tres eran de elección libre. El IEE fue de 20 s.

A diferencia del primer experimento, en esta condición se necesitaron 20 sesiones para que el criterio de las tres sesiones arriba del 80% se cumpliera.

Ensayos forzados

Ensayos Forzados

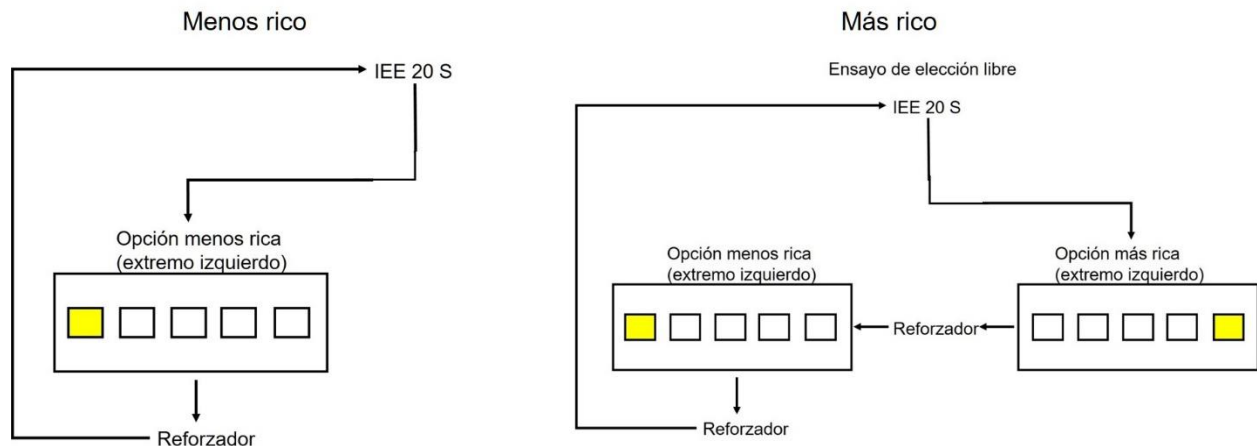


Figura 6. Ensayos forzados para cada opción, la más rica y menos rica.

La figura 6 muestra la representación de los dos tipos de ensayos forzados, en el caso de los ensayos forzados, en esta ocasión, las alternativas se mostraban en la pared posterior de la caja, donde se encontraban los agujeros de five choice. En los ensayos forzados de la alternativa *menos rica*, se mostraba una luz en el extremo izquierdo, cuando la rata metía la nariz en el orificio, la luz se apagaba, recibía el reforzador inmediatamente y empezaba a correr el IEE.

En los ensayos forzados de la opción *más rica*, se presentaba la luz en el extremo derecho, cuando metía la nariz en ese orificio, se apagaba esa luz, recibía el reforzador de inmediato y además la luz del extremo izquierdo se prendía. Y cuando metía la nariz en el agujero del lado izquierdo, sucedía lo mismo, se apagaba la luz, recibía el reforzador y se iniciaba el IEE. Este ensayo forzado le permite obtener a la rata dos reforzadores de manera global, por lo que es *más rica* en términos de ganancias.

Ensayos libres

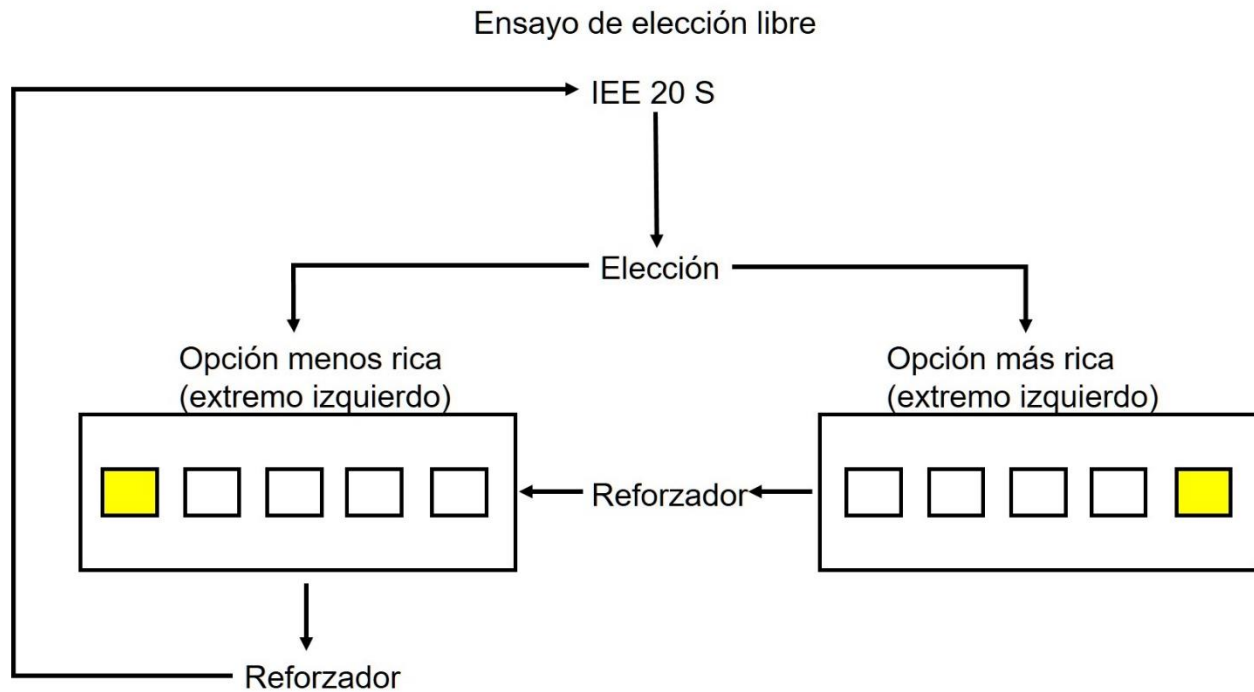


Figura 7. Ensayo de elección libre de la fase de entrenamiento.

La figura 7 muestra la representación de un ensayo libre, en el que a la rata debía ir a la pared posterior de la caja, ahí le muestran las únicas dos ranuras iluminadas, que están a los extremos de la pared. La opción *más rica* se encontraba en el extremo derecho y la opción *menos rica* en el izquierdo.

Para que la rata pudiera elegir cualquiera de las dos opciones, debía meter la nariz dentro de los agujeros del five choice, por lo que si elegía meter la nariz en el lugar donde se encontraba la opción *más rica*, entonces se entregaba un reforzador de manera inmediata, además se apagaba la luz de esa opción y solamente la luz de la opción *menos rica* permanecía encendida para que la rata metiera la nariz en ese orificio y así obtener otro reforzador. De este modo, comenzaría a correr el IEE; la sesión terminaba exactamente a los 50 ensayos.

Si la rata primero metía la nariz en la opción *menos rica* se le entregaba un reforzador y los dos agujeros se apagaban, todo se apagaba y se echaba a andar el IEE.

Reversión

En esta fase, lo único que se modificó fue la posición de cada alternativa, ahora la opción *más rica* se encontraba en el agujero extremo izquierdo y la *menos rica* en el agujero extremo derecho. La modificación se hizo tanto para los ensayos de elección libre como los forzados. Se tomó la decisión de tener esta fase para evaluar si las preferencias de las ratas no estaban influenciadas por la posición en lugar de las contingencias. En esta condición se necesitaron 25 sesiones para que la preferencia hacia la opción *más rica* estuviera por encima del 75% en al menos 3 sesiones.

Resultados

La figura 8 representa el promedio de las preferencias para la opción *más rica* en las primeras 20 sesiones de entrenamiento en el segundo experimento. Desde la tercera sesión, la preferencia fue diferente a la indiferencia (60.4%, EEM \pm 4.4), pero la preferencia en comparación con el primer experimento, incrementó lentamente a lo largo de las sesiones, sin embargo, la evaluación de la prueba T del promedio de las últimas tres sesiones, arroja que la preferencia fue significativamente diferente a la indiferencia (88.6 ± 2.22 (Media \pm EEM); $t(7) = 17.39$, $p < 0.001$).

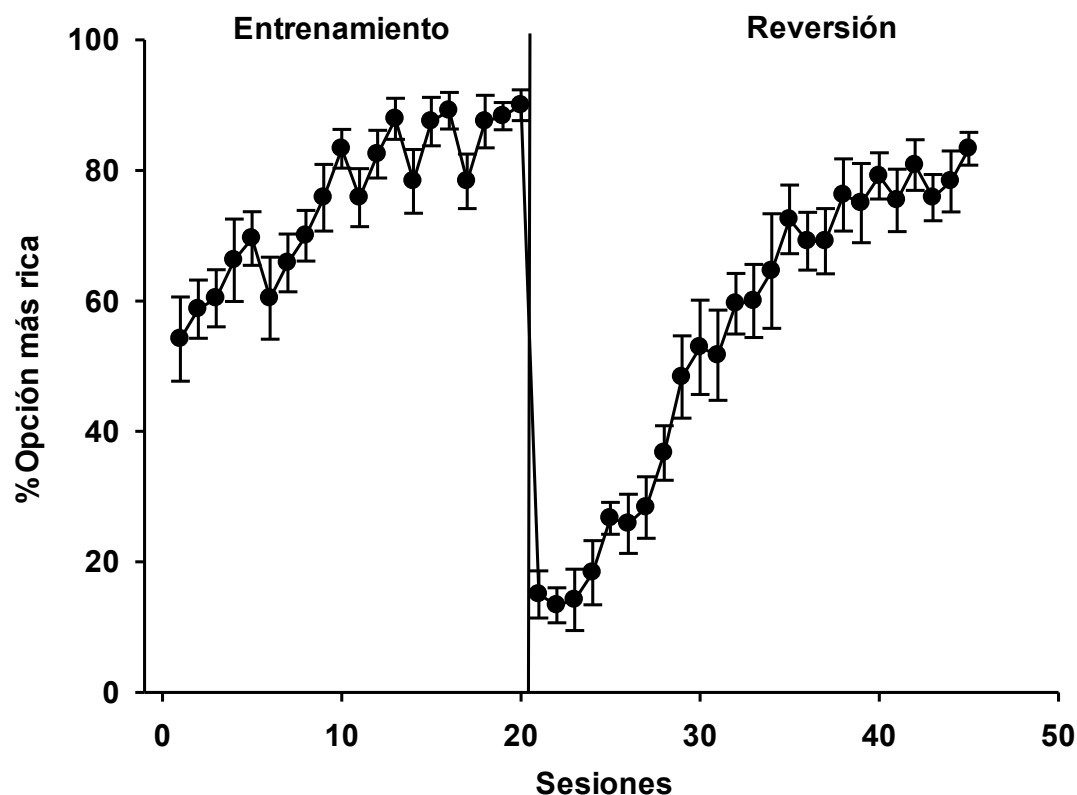


Figure 8. Porcentaje de elección de la opción más rica en ambas condiciones

En la condición de reversión, desde la sesión 21, la preferencia hacia la opción *más rica* se recuperó más rápida en comparación con el experimento 1, ya que desde la sesión 36, la preferencia hacia esa alternativa fue diferente a la indiferencia (72.5%, EEM \pm 5.3). En las últimas tres sesiones de reversión, el promedio de la preferencia hacia la opción *más rica* fue de 79.2% \pm 3.12 y la prueba T nos arroja que la preferencia fue significativamente diferente a la indiferencia ($t(7) = 9.34$, $p < 0.001$).

En la figura 9 muestra la latencia de los ensayos forzados para ambas alternativas del experimento 2, a través de todas las sesiones experimentales (panel a) y durante las

últimas tres sesiones de cada condición (panel b). En ambas condiciones la latencia de la alternativa *más rica* fue más corta que la de la *menos rica* como sucedió en el experimento 1, la prueba ANOVA nos indicó que hubo efectos significativos en el factor de la alternativa ($F(1,7)=50.34$, $p < 0.001$), pero no en la condición ($F(1,7)=0.04$, $p=0.84$) y tampoco en la interacción entre la alternativa y condición ($F(1,7)=0.25$, $p=0.63$).

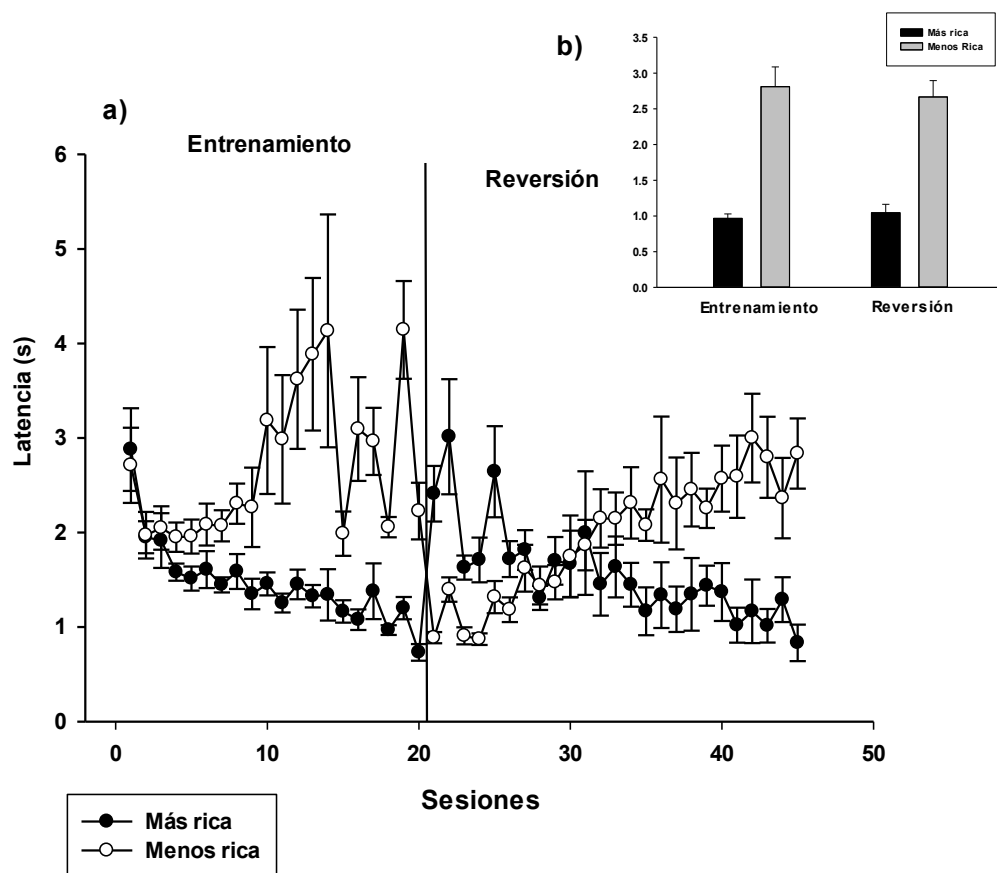


Figure 9. Panel a) Medianas de las latencias de ambas alternativas en la condición experimental y de reversión. Panel b) Promedio de las medianas de las latencias de ambas alternativas en los ensayos forzados de los últimos 3 ensayos de cada condición (media de cada grupo de datos \pm EEM).

Discusión

Los resultados del segundo experimento fueron similares al primero con algunas diferencias, por ejemplo, la cantidad de sesiones en cada fase. En el caso del entrenamiento, hubo 10 sesiones más, esto quizá se debió a la dificultad de la tarea y al cambio abrupto del tipo de operante, la posición, los traslados y los estímulos. En la fase de reversión, la cantidad de sesiones disminuyó, fueron 12 menos, en comparación del experimento 1. Esto puede ser explicado porque desde el inicio del experimento habían cambiado las condiciones y en la reversión sólo había algo diferente: la posición. Desde el primer experimento ya habían estado en contacto con el cambio de esta variable, entonces fue más rápido aprender la relación de cada alternativa.

La similitud más característica entre ambos experimentos es la preferencia hacia la opción *más rica*, tanto en el entrenamiento y la reversión, además de que las latencias siguen siendo un indicador de esta preferencia, aunque en el experimento dos las latencias son más altas, debido a los tiempos de traslados. Los cambios de este experimento fueron para simular un ambiente natural, por lo que las ratas deberían de evaluar variables como el tiempo y las cantidades de reforzador que pueden obtener en cada alternativa para poder elegir aquella que *maximice la tasa a largo plazo* (Stevens & Stephens, 2010). De acuerdo con los resultados, las ratas eligen la alternativa con estas características.

Discusión General

El propósito del estudio fue evaluar cómo las ratas elegían en un procedimiento relativamente sencillo de forrajeo. Como ya se ha mencionado, en diversos experimentos, la tendencia de diferentes organismos era elegir la alternativa que no les daba la mayor cantidad de comida, como sucedió con los orangutanes, monos capuchino y chimpancés (Salwiczek, Prétôt, Demarta, Proctor, Essler, Pinto & Bshary, 2012). Mientras que las palomas fueron indiferentes entre ambas alternativas (Zentall, Case & Luong, 2016). Sólo los loros grises (Pepperberg & Hartsfield 2014), y los peces limpiadores elegían la opción que les daba más reforzadores (Salwiczek, 2012). Con la serie de experimentos presentes, se continuó la evaluación con otra especie: ratas. Primeramente, en el procedimiento estándar y después con una serie de modificaciones que intentaban de emular las condiciones naturales de un forrajeador.

Los hallazgos que se encontraron fueron un tanto contrastantes con los que se reportan en la literatura. Las ratas en ambas condiciones, la estándar y la de forrajeo, prefieren la opción *más rica*, la que les da más comida.

Las explicaciones que se tienen para este tipo de comportamiento van desde la ecología hasta las habilidades cognitivas de las especies. En la primera se explica que ambiente es el factor principal para que un organismo desarrolle ciertas habilidades que le permitan adaptarse a su entorno (Shettleworth, 1994) y en la segunda se enfatiza que cada especie tiene restricciones anatómicas y cerebrales, dadas por su historia evolutiva, que les permiten desarrollar ciertas habilidades (Bshary, Salwiczek, & Wickler, 2007).

Sin embargo, estas explicaciones parecen insuficientes y muy generales, por lo que la teoría de forrajeo podría enriquecer las explicaciones que se tienen por el momento en este procedimiento.

Simulación del modelo de Forrajeo

Para poder tener una evidencia más precisa de los valores a largo plazo de cada alternativa, se realizó una simulación del modelo de forrajeo (Stevens & Stephens, 2010). Se utilizó Excel 2013, ya que es un modelo relativamente simple.

Se simularon 50 ensayos, en los cuales se manipularon t_1, t_2 , que es el tiempo de explotación para la primer y segunda opción, estos tiempos se consideraron desde el momento en el que la rata presiona la palanca hasta que accede al comedero para tener el reforzador. Para tomar el rango de segundos de esta variable; se tomaron como referencia las latencias de los ensayos forzados del segundo experimento ya que es el experimento que más se asemeja a un escenario natural de forrajeo; por lo que el rango fue de 1 a 6 segundos. Entonces, si un forrajeador elige irse, podría tener un tiempo de explotación de 1 a 6 segundos, sin embargo, si decide quedarse, el rango aumenta de 2 a 12 segundos como máximo. Las simulaciones se hicieron en esa lógica, evaluando ambas situaciones en cada ensayo con los rangos temporales de cada variable.

B_1 y B_2 fue la cantidad de pellets que podía ganar, si elige la opción pobre gana 1 ó 2 si elige la opción rica; y τ es la variable constante, 20 segundos que es el intervalo entre ensayos.

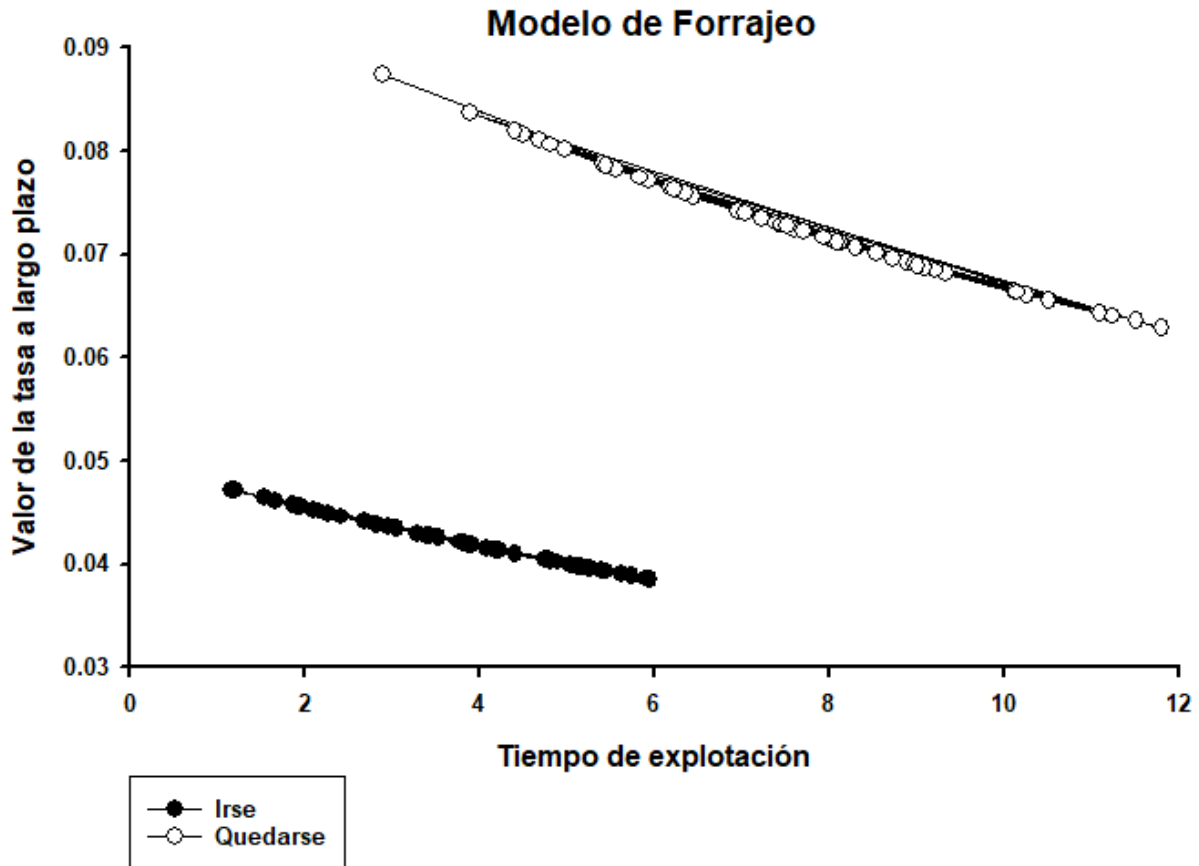


Figura 10. Representa el valor de cada tipo de lección dependiendo del tiempo de explotación.

En la figura 10 se observa que a pesar de que el tiempo de explotación incrementa, la alternativa *quedarse* tiene más valor que *irse*. En el caso de t_1 , el tiempo más corto fue de 1.17 s. y el más largo de 5.95 s. y el promedio fue de 3.7 s.±0.19.

Mientras que el tiempo más corto de $t_1 + t_2$ fue 2.89 s. y el más largo 11.81, y en promedio fue de 7.6 s.±0.29. Esto se vio reflejado directamente en el valor para cada opción, en el caso de la opción *irse* el valor fue de 0.04±0.0003 y para la opción *quedarse* fue de 0.07±0.0008.

De manera general, el modelo de forrajeo sugiere que a los organismos conviene *quedarse* bajo las condiciones experimentales del procedimiento ya que tendrían una mayor ganancia a largo plazo.

Además, este modelo tiene la bondad de darnos una aproximación hacia los factores que pueden estar controlando las decisiones de las ratas. El primer factor es la sensibilidad temporal, como se observó en los resultados y el modelo de forrajeo, el tiempo para obtener un reforzador es importante (tiempo de explotación), por lo que es muy importante obtenerlos en el menor tiempo posible (Bateson & Kacelnik, 1996). El segundo factor es la cantidad de reforzadores que se pueden obtener en un lapso de tiempo (Stephens & Anderson, 2001). El tercero es el tiempo de traslado o el intervalo entre ensayos, mientras más grandes sean, los organismos prefieren *quedarse* y mientras más pequeños, prefieren irse (Stephens & Krebs, 1986).

En el experimento de Zentall, Case y Berry (2017), realiza una manipulación al procedimiento, agregando una demora antes del reforzamiento en sus experimentos. Esta manipulación está más orientada al campo teórico del autocontrol como se muestra gráficamente en la figura 11, donde el valor de τ (5 s.) y t_1 (20 s.) se mantienen constantes y el valor que puede cambiar es t_2 , incluso cuando los valores de esta variable sean muy altos, la cantidad de reforzadores es la variable importante.

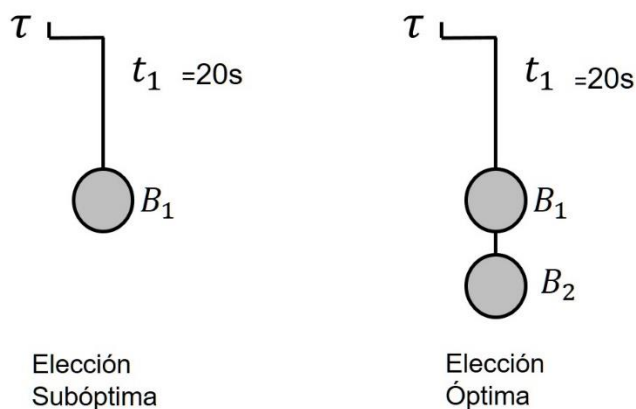


Figura 11. Muestra de un ensayo de los experimentos de Zentall.

En comparación con los experimentos que se realizaron en esta tesis, en ningún ensayo se agregó una demora al inicio de cada elección. En el caso de la tesis los valores de t_1 y t_2 eran valores que cambiaban dependiendo de cada sujeto experimental y de la sesión, mientras que τ (20 s) es constante, pero con un valor más alto a comparación con el experimento de Zentall. Temporalmente, los experimentos son similares y los resultados son consistentes en cuanto a la preferencia a la alternativa *más rica*.

Además analizando otros estudios, en donde se utilizó un τ de 5 s (Zentall, Case & Berry, 2017; Zentall, Case & Luong, 2016) se encontró que las ratas y palomas eran indiferentes entre ambas alternativas; sin embargo cuando τ tenía un valor más alto como por ejemplo 90 s (Pepperberg & Hartsfield, 2014), los loros grises preferían la alternativa *más rica*. Estos estudios le dan mayor relevancia al modelo de forrajeo, porque los organismos están evaluando cada alternativa dependiendo de la riqueza o pobreza de las condiciones y por ello eligen *irse* o *quedarse* para maximizar las tasas a largo plazo.

Por otra parte, otro de los temas fundamentales a los que nos remiten estos resultados, es el tema de la impulsividad y autocontrol, debido a que los organismos no siempre eligen la alternativa que maximiza las tasas a largo plazo (Stevens & Stephens, 2010). Por lo prematuro que es el procedimiento y la poca literatura que existe al respecto, aún no se puede argumentar de manera tajante si algunos organismos son impulsivos en la tarea. Una de las propuestas de Stephens y Anderson (2001) es que los organismos olvidan evaluar el valor de τ cuando toman una decisión y esto los lleva a tomar decisiones basadas en experiencias inmediatas y no tanto a largo plazo.

La propuesta para experimentos a futuro se centrará en un par de vertientes. La primera consiste en conocer si en otras condiciones los organismos (ratas), mantienen la preferencia hacia la alternativa *más rica*, sobre todo, incrementando o disminuyendo los valores de τ . Y la segunda es demostrar si realmente el valor de τ es ignorado o no en el momento de tomar una decisión.

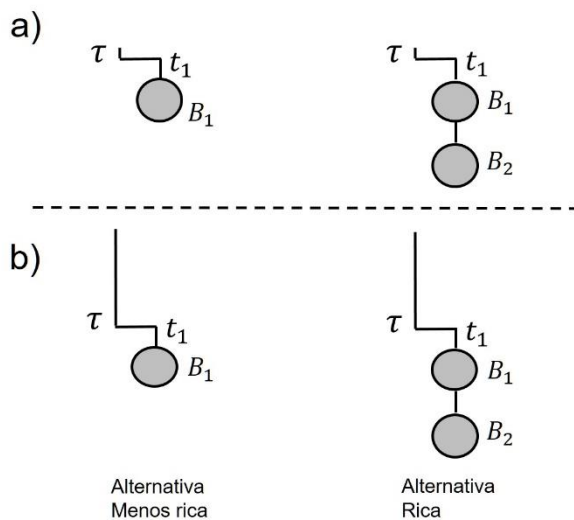


Figura 12. En el panel a) se representa el experimento 1, donde el valor de τ es corto y en el panel b) se representa el experimento 2, donde el valor de τ es largo.

En la figura 12 se presenta gráficamente la propuesta de dos experimentos. En el primer experimento (panel a), la intención es saber si en una condición donde τ es un valor muy pequeño las ratas deciden explorar o explotar. Siguiendo la línea de forrajeo, los organismos deberían explorar, ser indiferentes; pero si prefieren alguna de las dos alternativas, las variables predominantes son la cantidad y el tiempo de explotación.

En el panel b) se encuentra la representación del segundo experimento, en este caso τ tiene un valor mucho más alto, haciendo que la condición sea más pobre. Nuevamente, forrajeo diría que es mejor explotar que explorar. Si prefieren elegir la alternativa *más rica*, entonces el valor del tiempo es sumamente importante desde τ , t_1

y t_2 . Pero si eligen la alternativa menos rica, entonces el modelo de Stephens está en lo correcto, el valor de τ es ignorado y t_1 y t_2 son los valores realmente importantes.

Referencias

- Bateson, M., and Kacelnik, A. (1996). Rate currencies and the foraging starling: the fallacy of the averages revisited. *Behavioral Ecology*, 7, 341–352
- Bshary, R. (2002). Building up relationships in asymmetric co-operation games between the cleaner wrasse *Labroides dimidiatus* and client reef fish. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 52, 365–371.
- Bshary, R., Gingins, S., & Vail, A. L. (2014). Social cognition in fishes. *Trends in Cognitive Sciences*, 18, 465–471
- Bshary, R., & Grutter, A. S. (2005). Punishment and partner switching cause cooperative behavior in a cleaning mutualism. *Biology Letters*, 1, 396–399.
- Bshary, R., Salwiczek, L., H., & Wickler, W. (2007). Social Cognition in non-primates. En Dunbar, R. & Barret, L. (ed.) *The Oxford Handbook of Evolutionary Psychology*. Pp. 183-101. Oxford University Press, USA
- Chance, P. (1999). Thorndike's puzzle boxes and the origins of the experimental analysis of behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 72(3),433-440
- Hinson, J. M., & Lockhead, G. R. (1987). Momentary and global maximizing. *Behavioural Processes*, 14(1), 21–34.

Kamil, A. C. & Mauldin J. E. (1987). A comparative-ecological approach to the study of Learning. *Evolution and Learning*, 57

Grutter, A. S. (2010). Cleaner fish. *Current Biology*, 547-549

Pinto, A. I., Oates, J., Grutter, A. S., & Bshary, R. (2011). Cleaner wrasses *Labroides dimidiatus* are more cooperative in the presence of an audience. *Current Biology*, 21, 1140–1144

Pepperberg, I. M., & Hartsfield, L. A. (2014). Can grey parrots (*Psittacus erithacus*) succeed on a “complex” foraging task failed by nonhuman primates (*Pan troglodytes*, *Pongo abelii*, *Sapajus apella*) but solved by wrasse fish (*Labroides dimidiatus*)? *Journal of Comparative Psychology*, 128,298–306

Pretôt L, Bshary R, Brosnan, S.F. (2016). Comparing species decisions in a dichotomous choice task: adjusting task parameters improves performance in monkeys. *Animal Cognition*, doi:10.1007/ s10071-016-0981-6

Salwiczek, L. H., Prétôt, L, Demarta, L., Proctor, D., Essler, J., Pinto, A. I., & Bshary, R. (2012). Adult cleaner wrasse outperform capuchin monkeys, chimpanzees and orang-utans in a complex foraging task derived from cleaner-client reef fish cooperation. *PLoS One*, doi:10.1371/journal.pone.0049068

Shettleworth, S., J. (1994). Biological approaches to the Study of learning. En Mackintosh, N., J. (ed.) *Animal Learning and Cognition*. Pp. 185-219. Academic Press, San Diego

Staddon, J. E. R. (2010). Choice and decision rules. En Staddon, J. E. R. (ed.) *Adaptive Behavior Learning*. Pp. 164-181. Cambridge University Press, Cambridge

Stephens, D. W. (2008). Decision ecology: Foraging and the ecology of animal decision taking. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8, 475–484

Stephens, D. W. & Andersen, D. (2001). The adaptive value of preference for immediacy: when shortsighted rules have farsighted consequences. *Behavioral Ecology*, 12, 330-339

Stephens, D., W., & Krebs, J., R., (1986). *Foraging theory. Monographs in behavior and ecology*. Princeton, New Jersey. Princeton University Press

Stevens, J. R. & Stephens, D. W. (2010). The Adaptive Nature of Impulsivity. *Faculty Publications, Department of Psychology*, 361–388

Tebbich, S., Bshary, R., & Grutter, A. S. (2002). Cleaner fish *Labroides dimidiatus* recognise familiar clients. *Animal Cognition*, 5, 139–145. doi: 10.1007/s10071-002-0141-z

Wismer, S., Pinto, A. I., Vail, A. L., Grutter, A. S., & Bshary, R. (2014). Variation in cleaner wrasse cooperation and cognition: influence of the developmental environment? *Ethology*, 120, 519–531

Zentall, T. R., Case, J. P., & Berry, J. R. (2017). Rats' acquisition of the ephemeral reward task. *Animal Cognition*, 20, 419-425

Zentall, T. R., Case, J. P., & Berry, J. R. (2017). Early commitment facilitates optimal choice by pigeons. *Psychonomic Bulletin & Review*, doi:10.3758/s13423-016-1173-8

Zentall, T. R., Case, J. P., & Luong, J. (2016). Pigeon's (*Columba livia*) paradoxical preference for the suboptimal alternative in a complex foraging task. *Journal of Comparative Psychology*, 130, 138–144