

Análisis molar del comportamiento en contingencias de emparejamiento tono-agua en ratas

(Molar analysis of behavior under tone-water pairings contingencies in rats)

Jorge A. Ruiz¹ y Cristina G. Guerrero Sánchez

Universidad Veracruzana

(México)

RESUMEN

Se analizaron las dimensiones molares del desplazamiento en ratas bajo condiciones de entrega no contingente de agua, mientras se manipuló la presentación de un tono emparejado con la entrega de agua. Se expuso a cuatro ratas privadas de agua a la presentación de agua cada 30 segundos en un espacio experimental ampliado. En una fase se presentó un tono de 5 segundos inmediatamente antes de la entrega de agua para dos ratas y para otras dos ratas se presentó aleatoriamente en alguno de seis periodos en los que se segmentaba el intervalo entre entregas, en la siguiente fase se presentó sólo la entrega de agua para todas las ratas, en una tercera fase se invirtieron las condiciones de la primera fase para cada par de ratas, mientras que en la cuarta fase se volvió a presentar únicamente el agua. Se encontró que las diferentes medidas molares del desplazamiento mostraron cambios progresivos con una tendencia descendente a través del experimento, independientemente de las condiciones programadas. Mientras que la frecuencia de respuestas discretas (entradas al bebedero) siguieron una tendencia ascendente. Se discuten los resultados en el contexto de los estudios antecedentes sobre el uso de medidas molares en el análisis del comportamiento.

Palabras clave: emparejamiento tono-agua, flujo conductual, análisis continuo, ratas.

ABSTRACT

The molar dimensions of displacement in rats under non-contingent water delivery conditions were analyzed, while handling the presentation of a tone paired with water delivery. Four water-deprived rats were exposed to the water presentation

1) Dirigir correspondencia a: Jorge A. Ruiz, Centro de Estudios e Investigaciones en Conocimiento y Aprendizaje Humano, Universidad Veracruzana, Agustín Melgar s/n esquina con Araucarias. Xalapa, Veracruz. C.P. 91100. Correo electrónico: jorruiz@uv.mx.

every 30 seconds in an expanded experimental space. In one phase a tone of 5 seconds was presented immediately before the delivery of water for two rats and for two other rats was presented randomly in one of six periods in which the interval between deliveries was segmented, in the next phase only the water delivery was presented for all rats, in a third phase the conditions of the first phase were reversed for each pair of rats, while in the fourth phase again only water was presented. It was found that the different molar measures of displacement showed progressive changes with a downward trend through the experiment, regardless of the scheduled conditions. While the frequency of discrete responses (entries to the water dispenser) followed an upward trend. Results are discussed in the context of background studies on the use of molar measures in behavioral analysis.

Keywords: tone-water pairings, behavior stream, continuous analysis, rats.

En el estudio del comportamiento, el argumento de Skinner (1938) respecto a que para medir la conducta se tenían que tomar en cuenta cuatro aspectos: “1) definición de la conducta como aquella parte de la actividad del organismo que afecta el mundo externo; 2) el aislamiento práctico de una unidad de conducta; 3) la definición de la respuesta como una clase de eventos; y 4) la demostración de que la tasa de respuesta es la medida principal de la fuerza de una operante” (p. 58, traducido por los autores), marcó la pauta en la mayoría de las investigaciones que se han conducido hasta la fecha respecto al énfasis en unidades discretas de la conducta y su relación con eventos discretos en el ambiente. Sin embargo, como han señalado otros autores (Ribes & López, 1985; Schoenfeld & Farmer, 1970), el énfasis en la segmentación arbitraria de la conducta en unidades de respuesta ha traído consigo graves problemas lógicos y metodológicos a la teoría del condicionamiento, principalmente por la dificultad para dar cuenta de respuestas de diferente clase a la especificada por el experimentador como “la respuesta”, que forman parte de un mismo contexto (o “flujo”) conductual y que, en consecuencia, se encuentran bajo el control de las mismas contingencias.

Skinner (1938) y otros autores (e.g., Keller & Schoenfeld, 1950) señalaron la pertinencia de otras medidas, además de la frecuencia, como la latencia, duración y magnitud de la respuesta, entre otras, para dar cuenta del control de la conducta mediante el condicionamiento. Incluso en el campo aplicado del condicionamiento operante a la conducta humana se les considera como las dimensiones de la conducta en las que se debe medir la eficacia de los programas de modificación de conducta (Cooper et al. 2014). Sin embargo, tales medidas también están basadas en la conceptualización de la relación estímulo-respuesta, manteniendo el énfasis en la discretización del comportamiento y del entorno y, por lo tanto, resultan igualmente insuficientes para dar cuenta de la continuidad de la conducta.

De manera más específica, Ribes (2007) planteó una serie de reflexiones teóricas y metodológicas que permitirían el análisis del comportamiento con base en medidas que reflejaran la continuidad con la que de hecho ocurren las interacciones estímulo-respuesta y no sólo la medición de ocurrencias discretas de instancias de una y otra clase. Ribes destacó principalmente la necesidad de contar con medidas molares para el análisis de los elementos que se inter-relacionan en el campo,

enfaticando que éstas deben permitir el análisis de continuo de las interacciones a través del espacio y tiempo. En ese entonces Ribes describió lo que era el prototipo de la situación experimental, la llamada “Cámara de Schoenfeld” (p. 249), que permitiría el registro y análisis momento a momento de medidas como: la direccionalidad a través del espacio experimental, la preferencia por alguna zona particular, la variación de las trayectorias que sigue el organismo dentro del espacio experimental, el esfuerzo o vigor con el que se desplaza, y la persistencia del organismo mientras se encuentra en el espacio experimental.

En una obra más reciente, Ribes (2018) presentó un replanteamiento teórico, en el que la interacción entre el organismo y el entorno cambió de nombre a contacto funcional y se eliminó la categoría anterior (función E-R) que correspondía más con una visión que secciona tanto al entorno en instancias discretas como al patrón de comportamiento, para así enfatizar la naturaleza molar de las relaciones de contingencias. Con la formulación de los contactos funcionales, las anteriores categorías que identificaban a las relaciones funcionales E-R (cf. Ribes & López, 1985) se reformularon en cinco tipos de contactos funcionales: acoplamiento, alteración, comparación, extensión y transformación. De manera particular, para el presente trabajo es relevante el contacto por acoplamiento, que se refiere al proceso conductual que ocurre bajo el tipo de arreglo de contingencias en las que el comportamiento del organismo sólo puede (o no) ajustarse a las condiciones del campo, pero su conducta no ejerce ningún control sobre las contingencias presentes.

Ribes et al. (2020) ilustraron el análisis de las cinco medidas molares propuestas por Ribes (2007) al estudiar la distribución espacial de la conducta de ratas privadas de agua, en una cámara experimental ampliada en la que se encontraban dos dispensadores de agua, uno en cada uno de dos paneles opuestos, que entregaban agua conforme a un programa concurrente tiempo fijo t s tiempo fijo t s (conc TF t s TF t s). A través de diferentes fases experimentales se varió la proporción de entrega de agua en cada dispensador, en una primera condición se programó un TF 30 s en el Dispensador 1 y extinción (Ext) en el Dispensador 2, en la segunda, tercera y cuarta condición se establecieron las duraciones a TF 40 s TF 120 s, TF 60 s TF 60 s y TF 120 s TF 40 s, respectivamente. En la quinta condición se programó Ext en el Dispensador 1 y TF 30 s en el Dispensador 2. Respecto a las medidas molares, la direccionalidad fue obtenida mediante el análisis de las rutas de desplazamiento que siguieron las ratas a través de las 64 celdas que conforman el espacio experimental gracias al registro momento a momento que se llevó a cabo (con una resolución de 0.2 s por cada muestra de tiempo), la proximidad de las ratas al dispensador se midió como la mediana la distancia rata-dispensador de cada sesión, el vigor se midió estimando la mediana de la velocidad neta de desplazamiento en cada sesión, la variación se calculó como la mediana de la diferencia entre las rutas de la rata y las trayectorias más cortas hacia el dispensador activo más próximo, la preferencia se midió calculando el promedio del tiempo acumulado de permanencia en cada celda por sesión y la persistencia a partir del promedio de la repetición de las entradas a los bebederos después de la entrega de agua. Los autores encontraron que, en comparación con la situación en la que solo uno de los dispensadores entregaba agua, hay una cantidad mayor de desplazamiento de las ratas y que este número aumenta más cuando hay diferentes frecuencias de entrega de agua en uno y otro dispensador.

La velocidad de desplazamiento fue más o menos constante a través de las diferentes condiciones experimentales. Las ratas permanecieron más tiempo en las celdas en las que se encontraban los dispensadores de agua, mientras que la variación en el desplazamiento fue mayor en las condiciones en las que estuvieron activos los dos dispensadores de agua. La persistencia, por otro lado, incrementó con el transcurso de las sesiones independientemente de las condiciones experimentales.

En otro estudio, Ribes y Ruiz (2020) replicaron el diseño experimental empleado por Ribes et al. (2020) empleando programas de tiempo aleatorio (TA) en lugar de TF. Encontraron que el cambio en el criterio de periodicidad en la entrega concurrente de agua resultó en efectos consistentes con los del estudio anterior para las medidas molares de: (a) direccionalidad, con mayor número de rutas en las áreas cercanas a los dispensadores de agua y de manera proporcional a la frecuencia de entregas en cada uno de ellos de acuerdo con las condiciones experimentales; (b) proximidad a los dispensadores, con una cercanía más marcada para el dispensador activo en las Fases 1 y 5 y al dispensador con mayor frecuencia de entregas de agua cuando ambos dispensadores estaban activos, aunque se obtuvieron resultados diferentes para la medidas; y (c) preferencia, con un tiempo acumulado mayor en las áreas cercanas a los bebederos cuando estuvieron activos. No obstante, también encontraron efectos diferentes para las medidas de: (a) vigor, encontrando que bajo programas TA la distancia recorrida y la velocidad fueron mayores cuando se entregó agua sólo en uno de los dispensadores que cuando se entregaba agua en ambos dispensadores, (b) variación, la cual fue menor conforme transcurrió el tiempo de exposición al procedimiento; y (c) persistencia, la cual también fue cada vez menor conforme transcurrió la exposición al procedimiento.

Tomando en consideración que los procedimientos de condicionamiento clásico se distinguen por ser un arreglo de contingencias en las que tanto el estímulo condicional como el incondicional se presentan de manera no contingente a la conducta del organismo (Beecroft, 1966; Kimble, 1961; McSweeney & Murphy, 2014), estos pueden ser considerados como instancias de procedimientos en lo que puede tener lugar un contacto funcional por acoplamiento (cf. Ribes, 2018). No obstante, a partir de la literatura previa sobre condicionamiento clásico es imposible figurarse una situación en la que se haya dado relevancia al desplazamiento del organismo en el espacio experimental, ya que típicamente se inmoviliza al sujeto experimental, especialmente cuando se trabaja con preparaciones como el parpadeo condicionado, tanto en animales como en humanos (cf. Lavond & Steinmetz, 2003). Cuando se ha contado con preparaciones en las que el organismo puede desplazarse en el espacio experimental, se ha enfatizado el conteo de instancias discretas de la conducta como indicador del control sobre la respuesta especificada y no se ha prestado atención al resto del comportamiento de los sujetos (e.g., Davey et al. 1982; Thompson & Sturm, 1965). En este contexto, el propósito del presente estudio fue analizar las dimensiones molares de la conducta en ratas bajo un arreglo de contingencias propicias para el establecimiento de un contacto por acoplamiento, en donde se varió sistemáticamente el emparejamiento de un estímulo sonoro con la entrega de agua. El presente estudio busca también contribuir a los trabajos previos sobre el análisis molar del comportamiento (en condiciones de disponibilidad concurrente de agua), en una situación experimental simplificada con entrega periódica de agua en una sola ubicación.

MÉTODO

Sujetos

Se utilizaron 4 ratas Wistar macho de 3 meses de edad y experimentalmente ingenuas. Se mantuvo privadas de agua a las ratas conforme a un régimen de 23 horas y media, con media hora de acceso al agua y comida disponible todo el tiempo en sus jaulas-hogar individuales. El periodo de acceso al agua ocurrió después de transcurridos 60 minutos de haber finalizado la sesión experimental. Los animales se mantuvieron bajo un ciclo de luz/oscuridad de 12 horas y se manejaron con el mayor apego a lo especificado en la norma oficial mexicana NOM-062-ZOO-1999.

Aparatos

Se utilizó una cámara de desplazamiento de 92 cm X 92 cm X 30 cm para ratas (Coulbourn Habitest Labline L91-165). Al centro de uno de los paneles se colocó un dispensador de agua (H14-05R-LED, Coulbourn Instruments) equipado con un sensor infrarrojo para registrar las entradas de la rata al bebedero. Se colocó un zumbador de tono continuo (2900 Hz, 70 dB, *Steren*©) sobre el dispensador de agua, el cual se activó de acuerdo con las condiciones que se señalan en el procedimiento.

La cámara se colocó dentro de un cuarto sonoamortiguado. Los eventos experimentales y el registro de la conducta se realizaron mediante una computadora equipada con software *MED-PC IV* acoplada a una interfase Med-Associates Inc.® (Modelo SG-503), ubicada en una habitación diferente a donde se encontraba la cámara de desplazamiento. El desplazamiento y localización de las ratas se registró mediante una cámara de video (Panasonic RJ36) colocada a una distancia de 1 metro sobre la cámara de desplazamiento y el software *Ethovision 2.1*, con una resolución de 5 cuadros por segundo (0.2 s). El análisis y representación de los datos recolectados se llevó a cabo mediante el software *R* (el código puede ser solicitado al correo señalado en la nota de los autores).

Procedimiento

A lo largo de todas las sesiones del experimento se implementó un programa de entrega de agua cada 30 segundos. Cada sesión consistió en la ocurrencia de 60 ciclos de entrega de agua. A través de cuatro fases experimentales, con un número de 25 sesiones cada una, se manipuló la presentación de un estímulo sonoro de 5 segundos de duración. En la primera fase se presentó el estímulo justo antes de cada entrega de agua para dos ratas (R1 y R2), mientras que para las otras dos (R3 y R4) el estímulo ocurría aleatoriamente en cualquiera de seis ubicaciones temporales que segmentaban el intervalo entre entregas de agua, es decir, durante los primeros cinco segundos del ciclo entrega de agua, durante los segundos 6 a 10, y así sucesivamente. En la segunda fase se presentaron únicamente las entregas

de agua para las cuatro ratas. En la tercera fase se revirtieron las condiciones de presentación del tono respecto a la Fase 1, estableciendo un intervalo tono-agua variable para las ratas R1 y R2, así como la presentación contigua tono-agua para las ratas R3 y R4. En la cuarta fase se presentó nuevamente sólo la entrega de agua cada 30 segundos. En la Tabla 1 se resume el diseño experimental empleado en este trabajo. La duración del estímulo sonoro y el intervalo entre emparejamientos se estableció de acuerdo con valores semejantes empleados en la literatura para estos parámetros (e.g., Meyer, Cogan, & Robinson, 2014), aunque en condiciones espaciales diferentes. Si bien, es común que en los procedimientos de condicionamiento clásico se realice la presentación de emparejamientos entre el estímulo condicional y el estímulo incondicional, seguida de una fase en la que se presenta únicamente el estímulo condicional, en el presente estudio se optó por hacer la presentación del agua (que podría considerarse como el estímulo incondicional) en las fases 2 y 4, debido a un interés en la comparación directa entre las dimensiones molares del desplazamiento cuando se presentaba un estímulo relevante para las ratas mientras se encontraba o no emparejado con un estímulo neutral, más que en el supuesto control que pudo haber desarrollado el tono.

Tabla 1. Diseño experimental.

Sujeto	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
R1	Intervalo T-A constante	Sólo Agua	Intervalo T-A variable	Sólo Agua
R2	Intervalo T-A constante	Sólo Agua	Intervalo T-A variable	Sólo Agua
R3	Intervalo T-A variable	Sólo Agua	Intervalo T-A constante	Sólo Agua
R4	Intervalo T-A variable	Sólo Agua	Intervalo T-A constante	Sólo Agua

RESULTADOS

El presente estudio toma en consideración los trabajos previos de Ribes et al. (2020) y Ribes y Ruiz (2020) en cuanto al cálculo y representación de las medidas molares, aunque intenta en la medida de lo posible resaltar la evolución de ciertas medidas a lo largo del experimento de tal manera que se combina una estrategia de análisis intrasesión y entre sesiones. En los casos en los que las características de representación compiten con los límites de espacio para incluir los datos de todas las sesiones, se presentan los datos del desarrollo completo de la primera y última sesión de cada fase experimental; mientras que en los casos en los que es posible resumir la información de cada sesión, se presentan los datos de todas las sesiones.

En la Figura 1 se representa la direccionalidad mediante las rutas analógicas de cada rata (cada par de renglones) en la primera y última sesión de cada fase experimental. En cada columna de gráficos se muestran las rutas correspondientes a cada fase experimental, mientras que cada par de renglones corresponden a la primera y última sesión de cada una de las ratas (es decir, primer y segundo renglón para la Rata 1, tercero y cuarto para la Rata 2, quinto y sexto para la Rata 3 y séptimo y quinto en para la Rata 4). En cada gráfico los ejes *X* y *Y* representan el plano de la caja experimental mientras que el eje *Z* representa el paso del tiempo de la sesión (de abajo hacia arriba). Se puede observar una mayor diversificación de las rutas en la primera fase para todas las ratas, particularmente en la primera sesión en la que el desplazamiento se distribuyó principalmente en el perímetro del espacio experimental, aunque también se observaron cruces por el resto del espacio. Conforme avanzaron las sesiones se observaron cambios en la direccionalidad del desplazamiento de las ratas, caracterizada por el hecho de que las rutas comenzaron a concentrarse en el área cercana a la pared dónde se encontraba colocado el bebedero (pared derecha en el fondo de cada gráfico), así como en las zonas adyacentes. Se puede observar que la densificación de los patrones de desplazamiento alrededor del área del bebedero y zonas adyacentes durante la mayor parte de la sesión fue más notable en las Fases 2 y 4. En las condiciones en las que estuvo vigente la presentación de un tono (Fases 1 y 3), contiguo a la entrega de agua o en alguno de los seis periodos que dividían el intervalo entre entregas de agua, el desplazamiento se diversificó por más áreas de la arena experimental, sin importar la constancia o variación del intervalo tono-agua. En casi todas las fases experimentales la rata R4 se mantuvo principalmente en una de las esquinas de la pared opuesta a la pared en la que se encontraba el dispensador de agua.

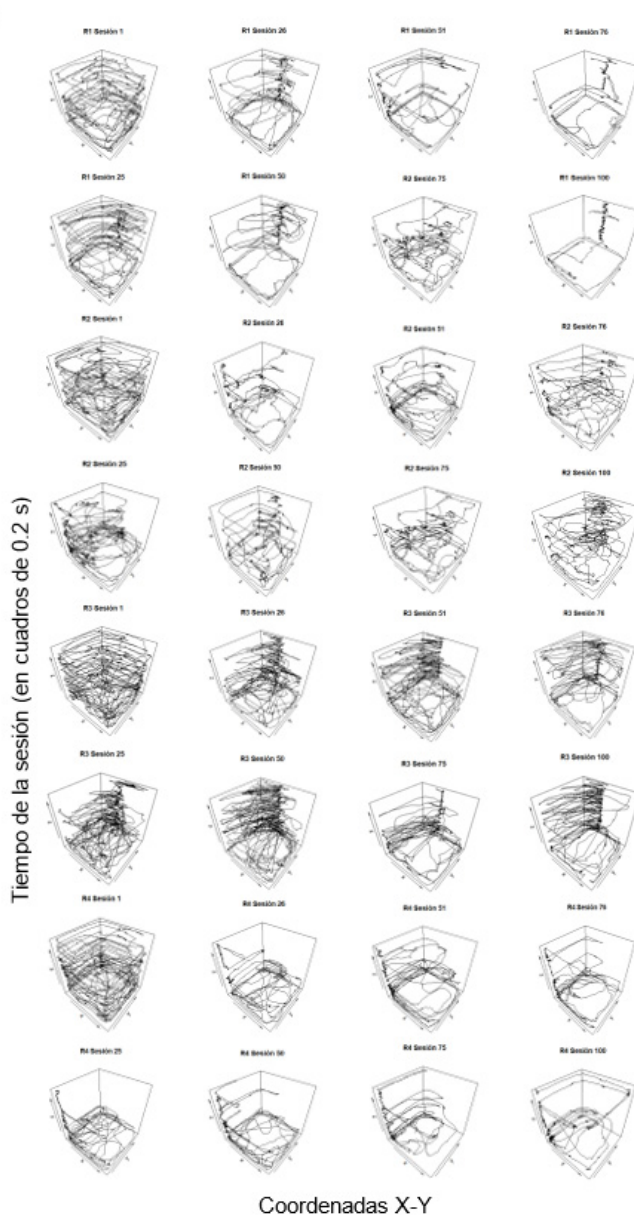


Figura 1. Rutas analógicas del desplazamiento de las ratas a través del espacio experimental (coordenadas X-Y) en el transcurso (eje Z) de la primera y última sesión de cada fase experimental.

En la Figura 2 se muestra la distancia rata-dispensador como medida de Proximidad para cada sujeto (pares de filas) en la primera y última sesión de cada una de las cuatro fases experimentales (columnas). En el eje *X* se muestra el tiempo de la sesión en muestreos cada 0.2 segundos (9000 muestreos), mientras que en el eje *Y* se muestra la distancia en metros. Se puede observar que en la primera sesión la distancia varió notablemente entre la distancia mínima y máxima para las cuatro ratas. A partir de la última sesión de la primera fase, la distancia rata-dispensador siguió variando aunque incrementó la cantidad de tiempo que las ratas se mantuvieron cercanas al bebedero, de manera más continua para la rata R1 que para las ratas R2 y R3. En el caso de la rata R4, su distancia respecto al dispensador fue cercana al máximo la mayor parte del tiempo, lo cual es consistente con lo observado en la Figura 1, en donde se apreciaba que la rata se encontraba principalmente en un esquina lejana al dispensador. En general, para todas las ratas, no se observan diferencias evidentes entre sesiones.

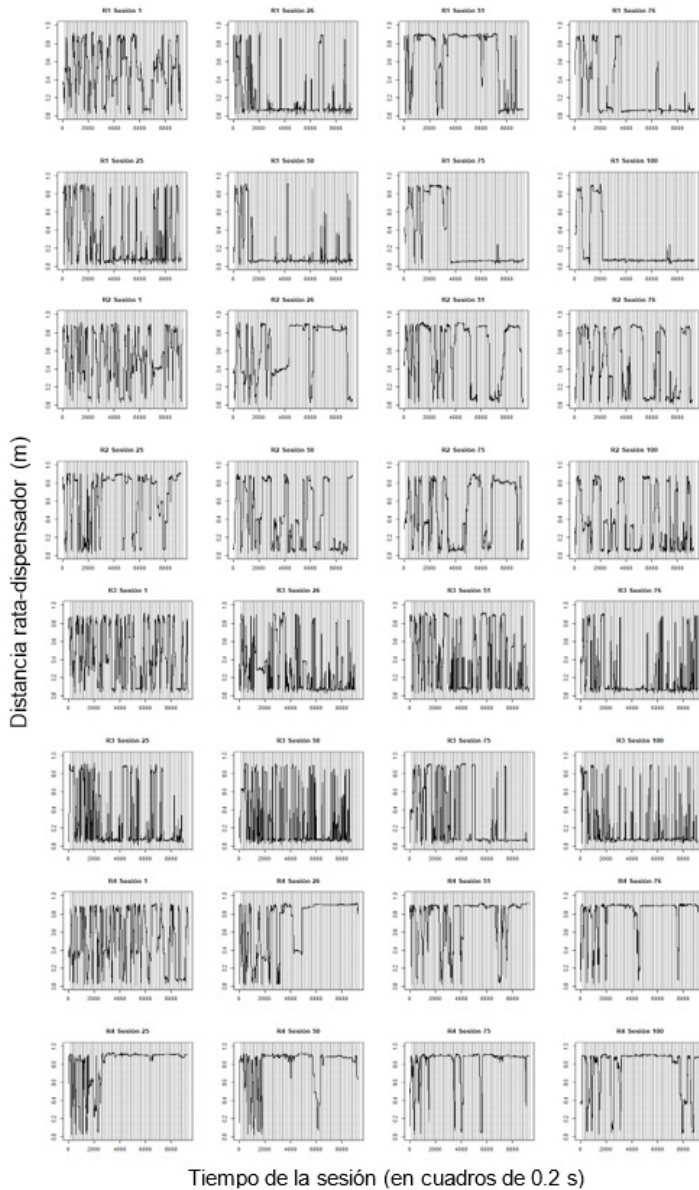


Figura 2. Distancia entre las ratas y el dispensador de agua (momento a momento) durante la primera y última sesión de cada fase experimental. Las líneas punteadas marcan la ocurrencia de cada entrega de agua.

En la Figura 3 se presenta, como medida de vigor, la distancia recorrida acumulada a través del paso del tiempo de la primera y última sesión de cada rata (filas) en cada una de las fases (columnas). En cada panel, se presenta también el total de distancia recorrida por sesión en la esquina superior izquierda. De manera consistente con las medidas antes presentadas referentes a la direccionalidad, tanto la distancia total recorrida por sesión como la tasa local de velocidad a lo largo de cada sesión (i.e, altura máxima y pendiente de cada curva, respectivamente) fue mayor en la primera sesión de cada rata, así como en la primera fase sin importar si se comenzaba con la fase de intervalo T-A constante o variable. Se observaron tendencias y patrones de distancia recorrida semejantes para las cuatro ratas, independientemente de las condiciones presentes en las Fases 2, 3 y 4.

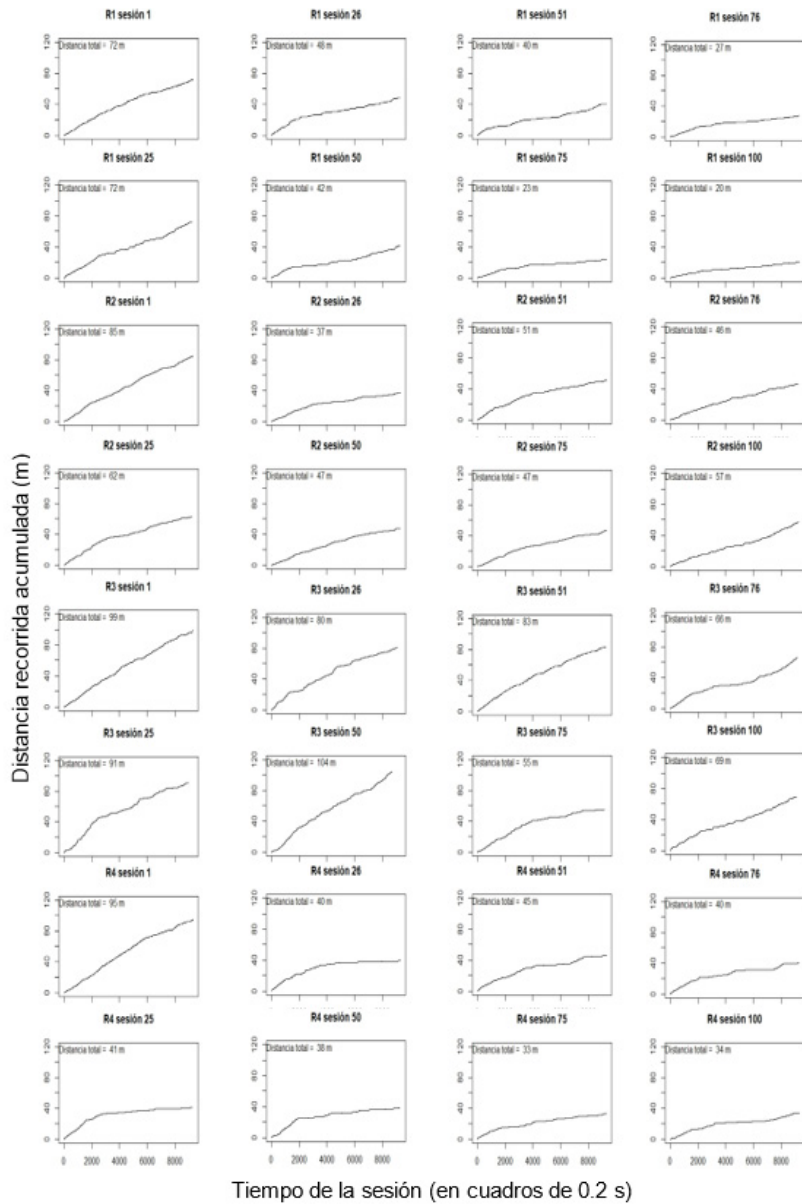


Figura 3. Curvas acumulativas de la distancia recorrida por cada rata a lo largo de la primera y última sesión de cada fase experimental.

Respecto a la evaluación de la variación en el desplazamiento de las ratas a través del espacio experimental, se propone el uso de un indicador que permitiera la representación del grado de variación en un solo valor y facilitar así la apreciación de la magnitud de la variación del desplazamiento a través de todas las sesiones. Para dicho fin, se utilizó un cálculo de entropía. El término deriva del griego $\epsilon\nu$ (en: “dentro”) and τροπή (trope: “cambio”) y, si bien, en el origen de su uso hacía referencia a cambios de energía dentro de un sistema, otra interpretación es como una medida de la cantidad esperada de información en un sistema, de tal manera que a mayor entropía es posible asumir mayor cantidad de información en el sistema (Huffaker et al., 2017). En cuanto a la utilidad del cálculo de entropía en el contexto del presente estudio, es posible asumir que la ubicación de la rata momento a momento a través de su desplazamiento por la cámara experimental corresponde con la formalización de un sistema que cambia de estado momento a momento y que en virtud del grado de variación (tanto en la ubicación, como de la frecuencia relativa con la que se repite cada ubicación) el nivel de entropía será mayor o menor. En la situación actual, el desplazamiento de la rata está dado por su posición en las coordenadas X-Y de la cámara experimental, de tal manera que las ubicaciones dependen de identificar el estado del sistema a partir de dos variables (posición en X y posición en Y), y proceder a cuantificar la frecuencia relativa de cada ubicación dada. Para ello, se calculó para cada sesión de cada fase experimental el valor de entropía conjunta mediante la Ecuación 1:

$$H(X,Y) = - \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} P(x,y) \log_e [P(x,y)] \quad (1)$$

en donde, X y Y se refieren a la posición de la rata de acuerdo con las coordenadas de los ejes de la cámara experimental, de tal manera que se calcula la sumatoria de los productos resultantes de multiplicar la frecuencia relativa para cada una de las coordenadas $[P(x,y)]$ en las que se ubicó la rata a lo largo de la sesión (en cuadros de 0.2 s) por el logaritmo natural de dicha frecuencia relativa. Para el cálculo de esta medida se hizo una discretización de 10 intervalos para X y Y , por lo que se contabilizaron las frecuencias de localización en cada una de 100 áreas que segmentaron virtualmente el espacio experimental y en donde el grado máximo de variación quedaría acotado por el valor 4.60, resultante de la posibilidad de las ratas hubieran estado en cada una de las coordenadas exactamente el mismo número de veces [i.e., $\log_e(100)$], y 0 como valor mínimo, en el caso de que las ratas hubieran estado en la misma coordenada durante toda la sesión [i.e., $\log_e(1)$]. Para facilitar el cálculo de este valor a través de todas las sesiones de las cuatro ratas, se empleó el paquete *entropy* en R (Hausser & Strimmer, 2009). En la Figura 4 se muestran, en el eje horizontal, las 100 sesiones divididas en las 4 fases del experimento, mientras que el eje vertical representa el nivel de entropía calculado según la Ecuación (1). Los datos de cada sujeto se muestran en cada fila de la figura. Las líneas punteadas señalan el cambio de condiciones entre fases. Se encontró una tendencia decreciente del valor de entropía a lo largo de las sesiones, siendo más notable en las ratas R1, R3 y R4. Esta observación se interpreta como una disminución constante de la variación de la conducta a lo largo del experimento, sin cambios atribuibles a las condiciones presentes en cada fase experimental.

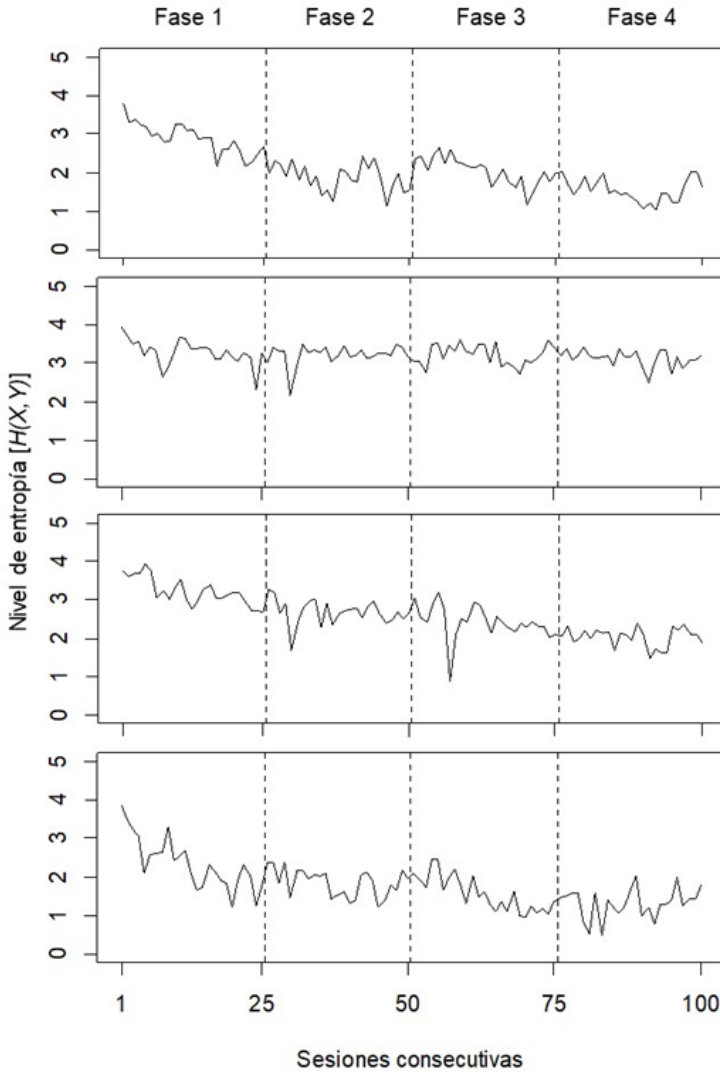


Figura 4. Valores de entropía conjunta como medida de variación de las áreas del espacio experimental visitadas por cada rata en cada sesión de cada fase experimental.

Para el cálculo de esta medida se hizo una segmentación de 10 intervalos para las variables X y Y que definen las coordenadas de posición, de tal manera que se contabilizaron las frecuencias de localización en cada una de 100 áreas que segmentaron virtualmente el espacio experimental. Las líneas punteadas señalan el cambio de fase experimental.

En la Figura 5 se muestra, como medida de preferencia, el tiempo acumulado de visitas al área del bebedero (distancia menor o igual a 10 cm en cualquier ángulo respecto a las coordenadas de ubicación del dispensador). En cada panel se muestran tres barras apiladas para cada una de las 100 sesiones, en donde la barra más oscura representa el tiempo acumulado en segundos en el área del bebedero durante los periodos de 5 segundos previos a cada entrega de agua, la barra de tono intermedio representa el tiempo acumulado durante los periodos de 5 segundos posteriores a cada entrega de agua y la barra más clara muestra el tiempo acumulado en el área del bebedero durante los periodos de los segundos 6 a 25 de cada ciclo de tiempo, de tal manera que la sumatoria de las tres barras puede interpretarse como el tiempo total acumulado por sesión de la permanencia en el área del bebedero. En general, se encontró un aumento del tiempo total de permanencia en las cercanías al bebedero a lo largo de las sesiones en tres de cuatro ratas (R1, R2 y R4). De manera más específica, se encontró que la permanencia en el área del bebedero fue de menor a mayor en cada uno de los periodos en los que se segmentó el intervalo entre entregas de agua, siendo ligeramente más notable el incremento del tiempo de permanencia durante los cinco segundos previos a la entrega de agua que durante los periodos posteriores a la entrega para las mismas tres ratas.

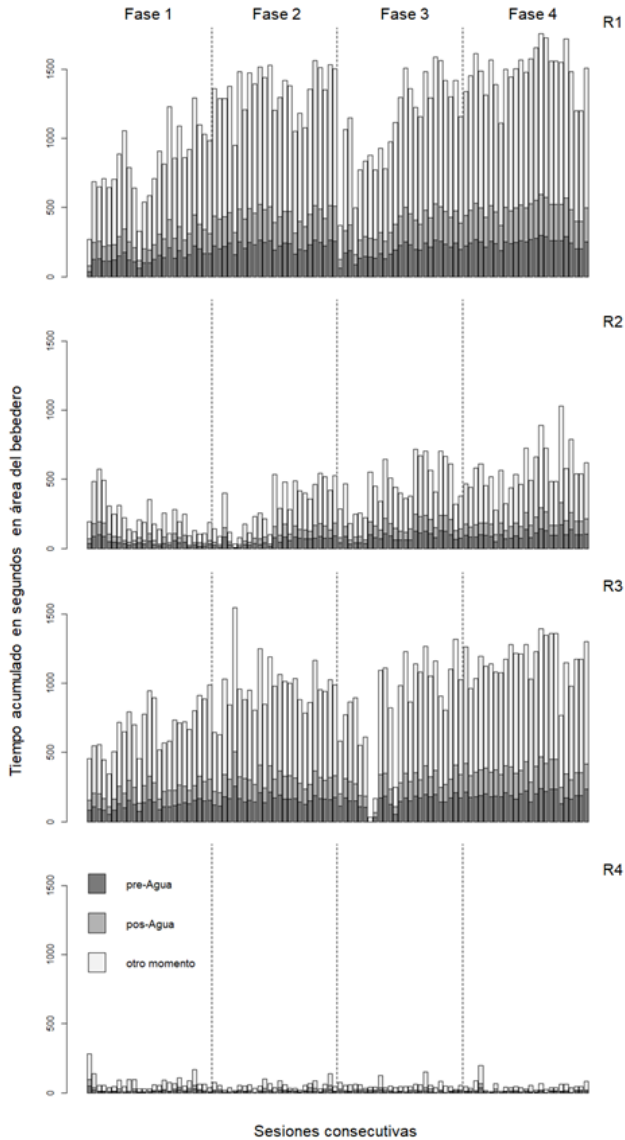


Figura 5. Tiempo acumulado de permanencia de cada rata en el área cercana al dispensador de agua a través de todas las sesiones de cada fase experimental. Cada barra muestra el tiempo de permanencia durante los 5 segundos previos a cada entrega de agua, durante los 5 segundos posteriores a cada entrega y durante cualquier otro momento del intervalo entre entregas de agua. Las líneas punteadas señalan el cambio de fase experimental.

En la Figura 6 se muestra, como medida de persistencia, la frecuencia acumulada de entradas al bebedero (Eje Z) agrupadas en subintervalos (bins) de 1 segundo (Eje X) para cada una de las 25 sesiones (Eje Y) de cada fase experimental. Se muestra una gráfica para cada fase en las columnas de la figura, mientras que las filas corresponden a cada uno de los cuatro sujetos. Se observó una creciente elevación de las entradas al bebedero hacia los últimos segundos del ciclo, de manera cada vez más pronunciada hacia las últimas sesiones de cada fase, aunque en algunos casos también predominaron las entradas durante los primeros segundos del ciclo. En el caso particular de la rata R4, la frecuencia de entradas fue notablemente baja a lo largo del experimento y sin una diferenciación marcada a través de los subintervalos que dividieron al ciclo de tiempo entre entregas de agua.

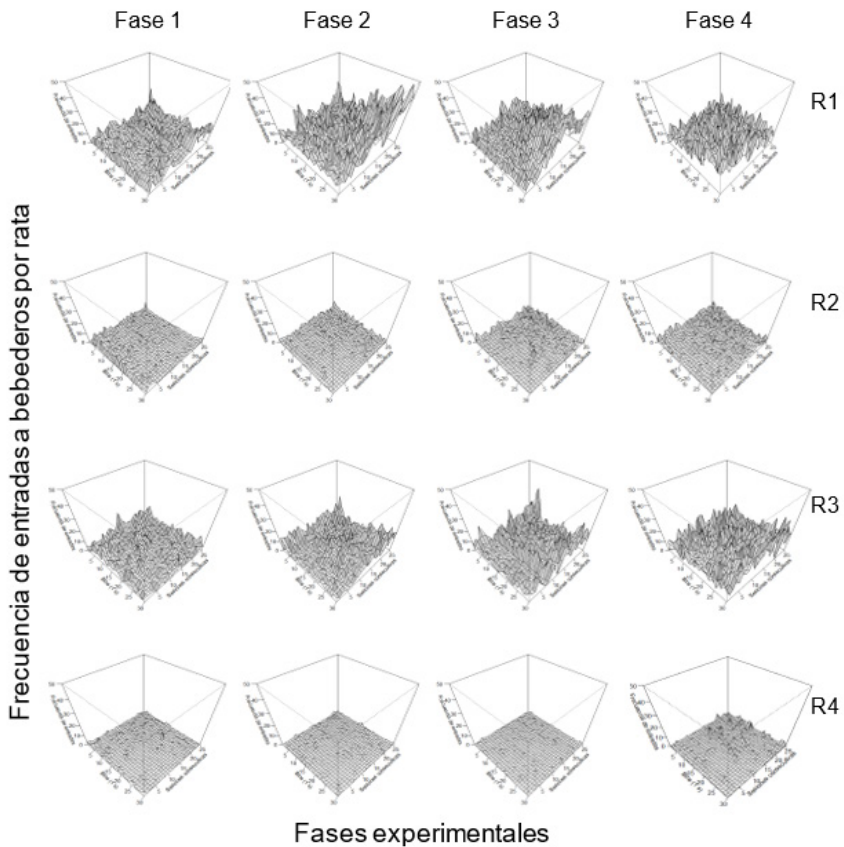


Figura 6. Frecuencia acumulada de las entradas al bebedero en cada subintervalo de 1 segundo del ciclo de tiempo repetitivo de cada una de las 25 sesiones de cada fase experimental.

En la Figura 7 se contrastan el total de entradas al bebedero por sesión contra la razón de elevación, calculada cómo el número de entradas durante el tono entre el número de respuestas en el resto del intervalo (cf. Wiltgen, et al. 2012). Se eligió esta manera de calcular la razón de elevación, debido a la posibilidad de hacer comparaciones más o menos justas entre los 5 segundos que duraba la presentación del tono y el resto del intervalo aún para la situación en la que el tono ocurría aleatoriamente en algún segmento del ciclo entre entregas de agua. Podría haberse empleado otro método, por ejemplo, en el que la razón se calcula a partir de las respuestas durante el estímulo sobre las respuestas que ocurrieron en el período inmediato anterior de la misma duración (e.g., Bueno & Álvarez, 2001); no obstante, en la condición de emparejamientos aleatorios habría sido imposible tener un punto de comparación con la situación en la que el tono ocurría durante los primeros 5 segundos del ciclo. En el eje horizontal se muestran las sesiones a través de las fases experimentales, el eje vertical izquierdo corresponde al total de entradas (serie de círculos vacíos) y el derecho a la razón de elevación (serie de cuadros negros). Mientras que se observó una tendencia ascendente de la frecuencia total de entradas al bebedero en tres de las cuatro ratas (R1, R2 y R3) a través del paso del tiempo, se observaron razones de elevación más o menos constantes a lo largo de las sesiones, excepto en el caso de la rata R2 para la que se observó una razón de elevación más alta en las dos fases en las que estuvo presente el tono (contiguo o no a la entrega de agua). Debe tomarse en cuenta que en las Fases 2 y 4, la razón de elevación se calculó “como si” se hubiera presentado el tono antes de la entrega de agua o en algún otro momento (Fase 2 y 4, para las ratas R1 y R2, y Fases 4 y 2, para las ratas R3 y R4, respectivamente), aunque en realidad sólo hubo entrega de agua. En el caso particular de la rata R4 se encontraron razones de elevación más altas que en las otras tres ratas, sin embargo, debe tomarse en cuenta el posible artefacto debido al bajo número de respuestas totales.

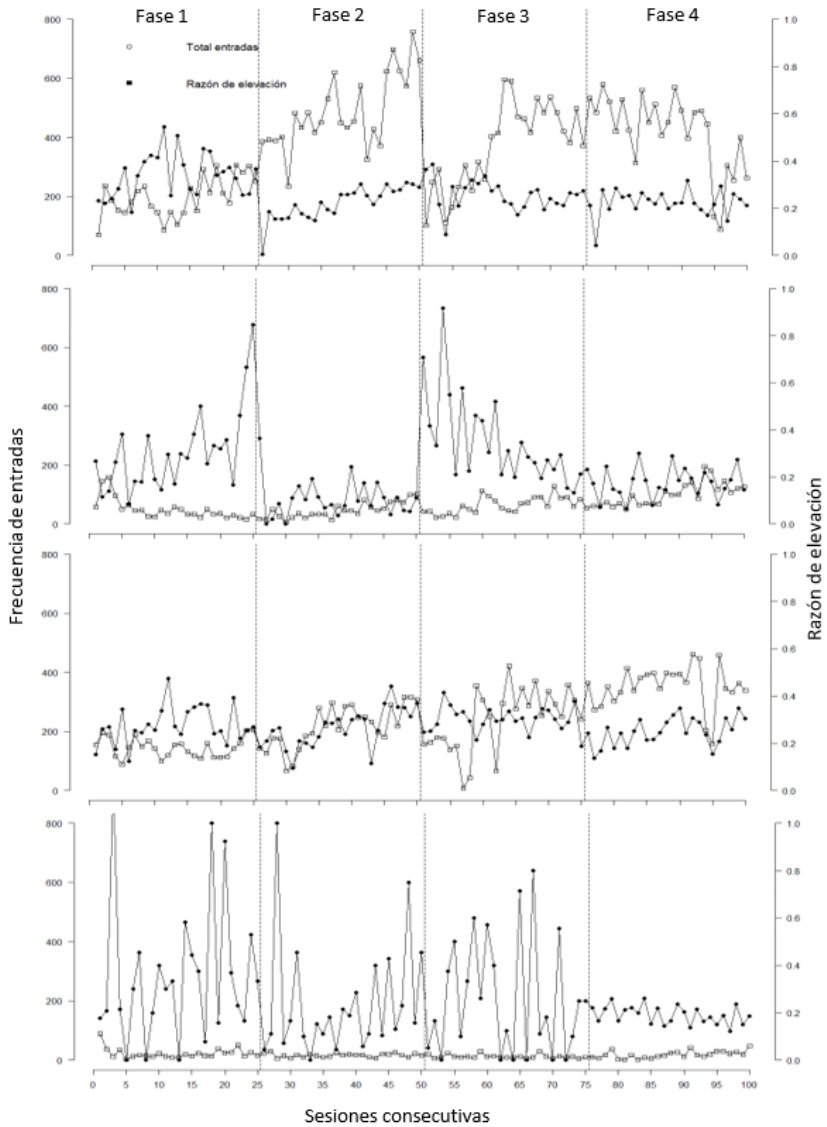


Figura 7. Frecuencia total de entradas al bebedero (Eje Y de la izquierda, serie de círculos vacíos) para cada rata, y Razón de elevación (Eje Y de la derecha, serie de cuadros negros) correspondiente, a través de las sesiones de cada fase del procedimiento.

DISCUSIÓN

El presente estudio pretendió establecer una situación experimental que permitiera una manipulación de pares de estímulos, semejante a los procedimientos típicos del condicionamiento clásico, de tal manera que pudiera analizarse el comportamiento de las ratas tanto a través de medidas molares como de medidas moleculares ante la exposición a tal tipo de arreglo de contingencias. Al respecto, fue notable en los resultados presentados en la sección anterior que las medidas molares siguieron consistentemente una tendencia decreciente en la magnitud de cada una de tales medidas (salvo la permanencia en el área del bebedero, que incrementó gradualmente) conforme transcurrió el tiempo de exposición al procedimiento, independientemente de las condiciones de emparejamiento entre el tono y la entrega de agua, la entrega únicamente del agua y del orden en el que se llevaron a cabo las manipulaciones para cada par de ratas. En cuanto a la frecuencia de entradas al bebedero, como unidad de medida molecular, se observó un patrón ascendente de entradas a lo largo del ciclo de tiempo entre entregas de agua y con una frecuencia total mayor conforme al paso de las sesiones para dos de cuatro ratas (Figura 6), mientras que no se observó un patrón diferenciado para las otras dos ratas. No obstante, en la Figura 7 es posible apreciar de manera más clara cómo la frecuencia absoluta de entradas al bebedero incrementó sesión a sesión para tres de cuatro ratas. En la misma figura es posible observar que una de las medidas más comunes en preparaciones de condicionamiento clásico, la razón de elevación (véase Bueno & Alvarez, 2001; Lattal, 1999; Wiltgen et al. 2012, como instancias de diferentes maneras de calcular la “misma” medida), no mostró una tendencia homogénea entre ratas ni a través de las sesiones para cada rata, lo cual impide asumir que la ocurrencia del tono pudiera haber tenido algún efecto diferenciado sobre las entradas al bebedero en comparación con su ausencia.

Si bien no es posible comparar directamente los resultados del presente estudio con procedimientos previos de condicionamiento clásico, debido a que no se habían enfatizado las dimensiones continuas del comportamiento de los organismos expuestos a tales procedimientos, sí es posible compararlos con los hallazgos reportados por Ribes y colaboradores (Ribes et al. 2020; Ribes & Ruiz 2020). A partir de la propuesta de Ribes (2018), el presente estudio puede analizarse como un arreglo de contingencias conducentes al establecimiento de un contacto funcional por acoplamiento, el cual se caracteriza porque el organismo reacciona amoldando su comportamiento a los cambios en su entorno sin que dicha reacción implique un cambio en las contingencias programadas. En este sentido, el procedimiento del presente estudio comparte con los estudios previos de Ribes la característica de presentar periódicamente un evento disposicionalmente pertinente (agua) de manera no contingente a la conducta de las ratas, con la diferencia de que el agua siempre se presentó en una sola ubicación espacial (en lugar de dos) y en algunas fases se añadió la presentación (contigua o con un periodo de huella variable) de un tono previo a la entrega de agua. En este contexto, es importante retomar que en los estudios citados se observaron consistencias en cuanto a una mayor densificación de rutas en las zonas cercanas a los bebederos que estuvieron activos (según

la fase experimental vigente), implicando un desplazamiento a través del espacio experimental para ir de uno a otro en las condiciones en las que los dispensadores entregaron agua, las distancias rata-dispensador siempre fueron más cortas respecto al dispensador que estuvo activo (Fases 1 y 5) o respecto al que entregaba agua con mayor frecuencia (Fases 2 y 4), así como en el tiempo acumulado en el área cercana al bebedero activo (o aquel que entregó agua un mayor número de veces). Es posible asumir que los resultados del presente estudio en cuanto a las características de las rutas analógicas analizadas para la primera y última sesión de cada fase experimental son consistentes con lo encontrado en los estudios previos en cuanto a que hubo una densificación notable en el área del único dispensador que entregó agua a través de casi todo el experimento, salvo en el caso de la rata R4 que se desplazó hacia una de las esquinas opuestas y pasó la mayor parte del tiempo de las sesiones en esa zona. Así mismo, la distancia entre la posición de las ratas y el dispensador fue variable a lo largo de cada una de las sesiones analizadas, pero principalmente se mantuvieron cercanas a la ubicación del dispensador independientemente de las condiciones vigentes en cada fase experimental. En cuanto al tiempo acumulado en el área cercana al bebedero, la tendencia creciente que se observó en el presente estudio difiere de lo encontrado en los estudios anteriores. Es posible que esta diferencia se deba a la constancia con la que en el procedimiento actual se entregó el agua en una misma ubicación y con una misma periodicidad, independientemente de la presentación del tono, de tal manera que resultó conducente hacia un acoplamiento en tiempo y en espacio del desplazamiento de las ratas respecto al momento y lugar de las entregas de agua.

En el caso del vigor, en los estudios previos se encontró que cuando la periodicidad en la entrega de agua fue constante (i.e., con programas TF) la distancia recorrida fue mayor cuando se entregó agua en uno solo de los dispensadores que cuando se entregó agua en ambos dispensadores, mientras que cuando la periodicidad fue variable (i.e., programas TA) la distancia fue mayor cuando estuvieron activos los dos dispensadores en comparación a cuando sólo se entregó agua en uno de ellos. Las distancias registradas en el presente estudio fueron globalmente menores a las observadas en los dos estudios citados (en cualquiera de sus fases experimentales), además de que en el presente estudio fue cada vez menor conforme al paso del tiempo de exposición al procedimiento. Es posible asumir que el desplazamiento de las ratas se haya visto progresivamente disminuido, al igual que la velocidad local al interior de cada sesión (según la curvatura de las gráficas de la Figura 3), como evidencia de su acoplamiento espacio-temporal con el programa de entrega de agua.

Respecto a la variación, en el estudio de Ribes et al. (2020) se encontró que esta medida, calculada como la diferencia entre la ruta de la rata en cada ciclo y la trayectoria más corta entre su posición inicial y la ubicación del dispensador activo, fue mayor cuando estuvieron activos ambos dispensadores de agua. En el estudio de Ribes y Ruiz (2020), en cambio, no hubo una medida explícita sobre la variación, aunque se apreció una disminución progresiva de la diversificación de las rutas seguidas por las ratas a través de las fases experimentales, lo cual se asumió como evidencia de una progresiva disminución en la variación del desplazamiento.

En el experimento actual se introdujo el uso de un coeficiente de entropía conjunta como una manera de cuantificar el grado de variación del desplazamiento. El valor de dicho indicador mostró que la variación disminuyó progresivamente, mostrando en este caso que, aunque la rata R4 se desplazó principalmente en áreas diferentes a la del bebedero, tuvo una disminución en la variación de su desplazamiento consistente con la de las otras ratas. Es decir que, independientemente de las condiciones propias de cada fase y de el orden en el que fueron expuestos los cuatro sujetos a ellas, el nivel de entropía disminuyó constantemente reflejando desplazamientos cada vez más predecibles y menos variables conforme avanzó el experimento. Esta observación se interpreta como una disminución constante de la variación de la conducta a lo largo del experimento, sin cambios atribuibles a las condiciones presentes en cada fase experimental. Aunque hay diferencias entre los estudios previos y el presente en cuanto a la manera de evaluar la variación en el desplazamiento, vale la pena resaltar la consistencia entre esta medida y las otras mencionadas previamente respecto a los resultados del experimento actual, a mayor densificación de las rutas de desplazamiento, mayor cercanía al bebedero, mayor tiempo acumulado en el área cercana al bebedero, menor distancia recorrida y menor velocidad de desplazamiento, también menor variación en el desplazamiento a través del espacio experimental.

La persistencia también siguió tendencias diferentes en los dos estudios anteriores. Por un lado, incrementó a través del tiempo de exposición al procedimiento cuando la entrega de agua ocurría con una periodicidad fija (Ribes et al. 2020); mientras que, por otro lado, la persistencia disminuyó cuando la entrega de agua ocurrió con una periodicidad variable (Ribes & Ruiz, 2020). En el caso del presente estudio, el incremento progresivo de la frecuencia de entradas al bebedero sugiere un efecto consistente de la entrega de agua conforme a un programa de tiempo fijo, el cual parece propiciar las condiciones para que las ratas sean más persistentes en la búsqueda de agua.

En cuanto a la presentación del tono y la manipulación de su cercanía con la entrega de agua, los resultados del presente estudio sugieren que no tuvieron un efecto específico sobre la conducta de las ratas, ni en términos de las dimensiones molares del desplazamiento de las ratas en el espacio experimental ni en cuanto a frecuencia de entradas al bebedero como unidad de medida molecular. Al respecto, resulta complicado establecer si la falta de un efecto claro de la manipulación de los emparejamientos tono-agua se debe a los valores específicos de los parámetros del procedimiento empleado o si obedece a la característica de haber empleado un espacio experimental notablemente más amplio que el que se ha usado en otros estudios en los que se han implementado procedimientos semejantes (e.g., Davey et al., 1982; Lattal, 1999; Thompson & Sturm, 1965; Wiltgen et al. 2012). En este punto es necesario reconocer la falta de una condición de comparación en la que sólo se presentara el tono (y no el agua), para contar con la posibilidad de comparación con el tipo de estudios comunes en el condicionamiento clásico. No obstante, se recalca el interés del presente estudio específicamente sobre el rol de la entrega de agua como ODP, mientras se emparejaba o no con éste un estímulo neutral. En el mismo sentido, ya desde la primera fase del presente estudio pudo verse que el tono

no pareció controlar las entradas al bebedero, por lo que pudo haberse esperado que en una condición de presentación aislada del tono la frecuencia de esta respuesta hubiera disminuido notablemente y con ello, probablemente, el desplazamiento.

Las aportaciones del presente estudio ilustran la pertinencia de un análisis molar del comportamiento, en el sentido de que si sólo se tomara en cuenta a las entradas al bebedero como el dato principal en este estudio, pudiera simplemente concluirse que no se obtuvo un efecto sistemático sobre esta variable en función de las manipulaciones realizadas; sin embargo, al tomar en cuenta las dimensiones implícitas en la continuidad del comportamiento de las ratas es posible concluir que su comportamiento cambió progresivamente en la misma dirección a lo largo del experimento, permitiendo el desarrollo de un acoplamiento del patrón reactivo-activo de éstas a las contingencias espacio-temporales conforme a las que se presentó el objeto disposicionalmente pertinente, principalmente en función de la periodicidad con la que éste se presentó. Esta contribución junto a las de Ribes et al. (2020) y Ribes y Ruiz (2020), como se describió en la Introducción, permiten observar que las dimensiones molares de la conducta no necesariamente varían en la misma dirección entre sí o respecto a medidas moleculares presentes en el mismo procedimiento, como lo había señalado Ribes (2007, 2018), pero un análisis del conjunto de medidas molares permite dar cuenta de manera más clara de las características de la transición a lo largo del tiempo de exposición a las contingencias programadas. Resulta necesario continuar el análisis del comportamiento en otras situaciones experimentales para seguir abonando el terreno para dirigirnos hacia una visión que tome en cuenta las propiedades de la continuidad de la conducta y no sólo pequeñas fracciones de ésta, definidas, además, arbitrariamente por el experimentador.

REFERENCIAS

- Beecroft, R. S. (1966). *Classical Conditioning*. California: Psychonomic Society.
- Bueno, M., & Álvarez, R. (2001). El efecto de las duraciones del intervalo entre ensayos y entre estímulos en el condicionamiento pavloviano apetitivo en ratas. *Psicológica*, 22(2), 205-215. <https://www.uv.es/psicologica/articulos2.01/Bueno3.pdf>
- Cooper, J. O., Heron, T. E. & Heward, W. L. (2014). *Applied Behavior Analysis*. London, UK: Pearson.
- Davey, G. C. L., Cleland, G. G., & Oakley, D. A. (1982). Applying Konorski's model of classical conditioning to signal-centered behavior in the rat: Some functional similarities between hunger CRs and sign-tracking. *Animal Learning & Behavior*, 10, 257-262. doi:10.3758/bf03212279
- Hausser, J. & Strimmer, K. (2009). Entropy inference and the James-Stein estimator, with application to nonlinear gene association networks. *Journal of Machine Learning Research*, 10, 1469-1484. Recuperado de: arXiv:0811.3579v3
- Huffaker, R., Bittelli, M. & Rosa, R. (2017) *Nonlinear Time Series Analysis with R*. New York, NY: Oxford University Press.
- Keller, F. S. & Schoenfeld, W. N. (1950). *Principles of Psychology*. New York, NY: Appleton Century Crofts.

- Kimble, G. (1961). *Hilgard and Marquis' Conditioning and Learning*. New York: Appleton Century Crofts.
- Lattal, K. M. (1999). Trial and intertrial durations in Pavlovian conditioning: Issues of learning and performance. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 25(4), 433-450. doi:10.1037/0097-7403.25.4.433
- Lavond, D. G. & Steinmetz, J. E. (2003). *Handbook of classical conditioning*. New York, NY: Springer.
- McSweeney, F. K. & Murphy, E. S. (2014). *The Wiley Blackwell Handbook of Operant and Classical Conditioning*. New York: Wiley.
- Meyer, P. J., Cogan, E. S., & Robinson, T. E. (2014). The Form of a Conditioned Stimulus Can Influence the Degree to Which It Acquires Incentive Motivational Properties. *PLoS ONE*, 9(6). doi:10.1371/journal.pone.0098163
- Ribes, E. (2007). Estados y límites del campo, medios de contacto y análisis molar del comportamiento: reflexiones teóricas. *Acta Comportamentalia*, 15, 229-259.
- Ribes, E. (2018). *El estudio científico de la conducta individual: una introducción a la Teoría de la Psicología*. México: El Manual Moderno.
- Ribes, E. & López, F. (1985). *Teoría de la conducta: un análisis de campo y paramétrico*. México: Trillas.
- Ribes-Iñesta, E., Palacios, H. B., & Hernández, A. V. (2020). Continuous measuring of temporal and spatial changes in rats' behavior under water temporal schedules. *The Psychological Record*, 70, 267-278. doi: 10.1007/s40732-020-00389-z
- Ribes-Iñesta, E. & Ruiz, J. A. (2020). Spatial distribution of behavior under concurrent random-time schedules of water. *The Psychological Record*. En dictamen.
- Schoenfeld, W.N. & Farmer, J., (1970). Reinforcement schedules and the behavior stream. En W. N. Schoenfeld (Ed.), *The Theory of Reinforcement Schedules* (pp. 215-145). New York, NY: Appleton Century Crofts.
- Skinner, B. F. (1938). *The Behavior of Organisms*. New York, NY: Appleton Century Crofts.
- Thompson, T. & Sturm, T. (1965). Classical conditioning of aggressive display in Siamese fighting fish. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 8, 397-403. doi:10.1901/jeab.1965.8-397
- Wiltgen, B. J., Sinclair C., Lane, C., Barrows, F., Molina, M., & Chabanon-Hicks, C. (2012). The effect of ratio and interval training on pavlovian-instrumental transfer in mice. *PLoS ONE*, 7(10), e48227. doi: 10.1371/journal.pone.0048227

(Received: January 08, 2021; Accepted: February 17, 2021)