

## **Control Temporal en Programas de Intervalo Fijo: Efectos de Historias de Condicionamiento con Programas de Intervalo Variable**

*Temporal Control on Fixed Interval Schedules: Effects of Variable  
Interval Schedules as Conditioning Histories*

**FLORENTE LÓPEZ Y MARINA MENEZ<sup>1</sup>**  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

### Resumen

Existe evidencia que sugiere que la historia de condicionamiento puede tener efectos sobre la adquisición del control temporal en programas de Intervalo Fijo. Para evaluar lo anterior cuando se varía la frecuencia de reforzamiento en la historia, se sometió a grupos de ratas a diferentes programas de intervalo variable con valores promedio de 20, 60 y 180-s. Posteriormente se les sometió a programas de Intervalo Fijo 30-s y 90-s, de tal forma que ocurrirían decrementos o incrementos en la frecuencia de reforzamiento respecto a la proporcionada en la historia. No se observaron diferencias durante el programa IF en tres mediciones del control temporal: Pausa pos-reforzador, vida cuartilar y patrón de respuestas. Los hallazgos se discuten en el contexto de adquisición del control temporal y la representación cuantitativa de los mismos.

- 
1. Investigación financiada por los proyectos DGAPA IN305808 y CONACYT 2008/89231 otorgados al primer autor y por la beca PASPA-DGAPA a la segunda autora. Los autores contribuyeron en la misma proporción a todas las fases del estudio y agradecen las observaciones de tres revisores anónimos que permitieron mejorar el manuscrito. Dirigir toda correspondencia a los autores a: Facultad de Psicología, Edificio de Posgrado, cubículo 23. UNAM, Av. Universidad 3004. 04510 México D. F., México, correos: florente@servidor.unam y marina.menez@gmail.com

Recibido: Septiembre 10, 2009. Revisado: Noviembre 2, 2009. Aceptado: Noviembre 11, 2009.

**Palabras clave:** *Historia de condicionamiento, intervalo fijo, control temporal, ratas.*

### Abstract

Some evidence suggests that conditioning history may affect the temporal control acquisition on Fixed Interval Schedules. To further evaluate this possibility, reinforcement frequency during conditioning history was varied. Four groups of rats were initially submitted to different Variable Interval schedules, with mean values of 20, 60, 60 and 180-s. Afterwards, rats were submitted to Fixed Interval Schedules of 30 and 90-s, resulting in groups of rats experiencing increments or decrements in frequency of reinforcement, as compared with the obtained frequency during the conditioning history. No effects were observed between groups of comparable FI values in three measures of temporal control: post reinforcement pause, quarter life or response pattern. Findings are discussed in the context of temporal control acquisition and the quantitative representation of acquisition.

**Key words:** *Conditioning history, fixed interval, temporal control, rats.*

Uno de los fenómenos más estudiado en el análisis experimental es el control temporal de la conducta. En diversas preparaciones experimentales se observa que, siempre que el reforzador se presente un tiempo fijo después de un marcador temporal, se genera conducta temporalmente discriminada. Ésta se caracteriza por una pausa a partir del marcador temporal y el inicio de la respuesta en la segunda mitad del intervalo, aproximadamente (Baron & Leinenweber, 1994; Dews, 1970; Ferster & Skinner, 1957; Gentry, Weiss, & Laties, 1983). Una de las preparaciones comúnmente utilizadas es el programa de Intervalo Fijo (IF) en el que el tiempo constante se cuenta a partir del reforzador precedente y al concluir, la primera respuesta es reforzada. La ejecución generada por esta preparación es bien conocida. Algunos indicadores de control temporal incrementan en función de los aumentos en el valor del IF programado, por ejemplo, la pausa pos-reforzador (PPR; Dukich & Lee, 1973) que inicia con el reforzador y concluye con la primera respuesta, el tiempo que toma emitir un cuarto de las respuestas en un intervalo entre reforzadores, o vida cuartil (VC; Gollub, 1964) o el tiempo de transición de una tasa baja de respuestas a una alta, o punto de transición (PT; Schneider, 1969).

De igual manera es frecuente observar que la tasa de respuesta incrementa en función del tiempo desde el reforzador, donde la relación entre proporción de respuestas y proporción de tiempo transcurrido es igual para todo

intervalo programado, propiedad a la que se denomina escalar o invariancia en la escala de tiempo (Guilhardi & Church, 2005).

Diversos modelos intentan explicar las propiedades señaladas considerando la ejecución observada en las últimas sesiones (estado estable) después de un entrenamiento relativamente prolongado. La mayoría de los modelos asume que el control temporal resultante es aprendido, es decir, que las señales temporales adquieren control sobre la conducta. Sin embargo, son pocas las investigaciones que abordan el problema de la adquisición. De hecho, fuera del análisis cualitativo que realizaron Ferster y Skinner (1957) sobre los cambios en el patrón de respuesta a lo largo de las sesiones, la única investigación detallada y cuantitativa es la de Machado y Cevik (1998), en la que confirman algunas observaciones de Ferster y Skinner (1957) y aplican el modelo de aprendizaje de la estimación del tiempo propuesta por Machado (1997) de manera exitosa.

Otros estudios que analizan el desarrollo del control temporal buscan determinar si la conducta en estado estable depende de la historia de condicionamiento, es decir, de las condiciones previas a la introducción del IF. En general, se ha concluido que, a largo plazo, la ejecución en estado estable es independiente de la historia de condicionamiento (Cole, 2001; López & Menez, 2005). No obstante, estos estudios indican que el curso hacia el estado estable en IF es sensible a las condiciones de la historia, pero que los efectos se limitan a las sesiones iniciales. En las sesiones terminales del entrenamiento en IF ya no se encuentran diferencias atribuibles a la historia.

La mayoría de los estudios que han analizado los efectos de la historia de condicionamiento sobre la adquisición de control temporal han aplicado programas cualitativamente diferentes; por ejemplo, Reforzamiento diferencial de tasas bajas (RDB), Razón Fija (FR), Razón Variable (RV), etc., antes de la exposición al programa IF. Estos programas pueden diferir en varios parámetros derivados de la contingencia de reforzamiento implicada (como frecuencia del reforzamiento, regularidad en la entrega del reforzador, demora del reforzador, etc.). Por consiguiente, ha sido imposible determinar la contribución específica de cada uno de estos parámetros a los efectos de la historia de condicionamiento reportados.

Una variable de particular interés es la frecuencia de reforzamiento presentada durante la historia de condicionamiento. La variación de la frecuencia de reforzamiento en la historia, generaría diferentes tasas de respuesta y, por consiguiente, podrían evaluarse los efectos de éstas sobre la adquisición del control temporal en el IF. Por ejemplo, se podría evaluar si las tasas bajas de respuesta favorecen el desarrollo del control temporal, como ha ocurrido al aplicar programas de reforzamiento diferencial de tasas bajas (Urbain, Poling, Millam, & Thompson, 1978). Sin embargo, además de tasas bajas, el programa RDB genera condiciones que favorecen al tiempo transcurri-

do como una señal para la entrega del reforzador, puesto que éste solo se entrega si el animal logra espaciar sus respuestas (al menos por el tiempo establecido por el programa).

En el presente experimento, para generar diferentes niveles de tasa de respuesta, se empleó la estrategia de programar historias de condicionamiento que difirieron en la frecuencia de reforzamiento. De esta manera, se evaluaron los posibles efectos transitorios y/o a largo plazo de esta variable, en la ejecución bajo programas de IF. Para ello, se aplicó lo que se ha denominado una prueba de transferencia: la historia se construyó mediante un preentrenamiento en un programa de intervalo variable, en que la probabilidad de recibir reforzamiento por emitir una respuesta permaneció relativamente constante en el tiempo. Posteriormente, se introdujo el programa de intervalo fijo. Se eligió el programa de intervalo variable porque no establece condiciones para la discriminación temporal y porque genera una tasa de respuesta relativamente constante, que aumenta directamente con la frecuencia de reforzamiento.

La principal manipulación consistió en la programación de historias de condicionamiento con frecuencias de reforzamiento mayores o menores que las proporcionadas por el programa IF objetivo. Para obtener el grado de generalidad de los efectos, se evaluaron dos programas de IF, de 60 y 90 segundos.

Los posibles efectos de largo plazo de las historias programadas se evaluaron analizando las curvas de respuesta promedio obtenidas en las últimas sesiones en IF. Los efectos a lo largo de las sesiones se evaluaron con dos medidas que tradicionalmente han sido consideradas como indicadoras del control temporal: la PPR y la VC. Primero se analizó su curso de manera cualitativa, considerando los valores obtenidos sesión a sesión. Posteriormente se ensayó una descripción cuantitativa de estos cambios mediante el ajuste de una función Weibull, que es una función de crecimiento de uso general, pero que suele representar de manera apropiada tres propiedades de la adquisición o aprendizaje: en qué momento aparece, de qué manera y cuál es su nivel asintótico (Gallistel, Balsam & Fairhurst, 2004)

## MÉTODO

### *Sujetos*

Se utilizaron 16 ratas Wistar macho experimentalmente ingenuas, criadas en una colonia local de la universidad. Al inicio del experimento las ratas tenían una edad aproximada de 90 días. Se les mantuvo al 80% de su peso bajo ali-

mentación libre a lo largo del experimento. Se les alojó en cajas individuales en el bioterio de la institución bajo un ciclo luz/oscuridad de 12:12 hrs.

### *Aparatos*

Se utilizaron 4 cámaras experimentales (350 mm de fondo por 305 mm de ancho y 365 mm de alto) equipadas con una palanca de respuesta y un dispensador de líquidos. La palanca tenía 48 mm de ancho y se extendía 20 mm dentro de la cámara, ubicada 70 mm por encima del piso a la izquierda de la pared frontal y abajo de un foco que servía de estímulo, y estaba conectada a un microswitch que requería aproximadamente 0.3 N para operar. La iluminación general de la caja la proporcionó una lámpara de 3-W colocada tras una pantalla translúcida ubicada en el centro del techo. El reforzador consistió en una mezcla de agua potable con leche condensada en una proporción de 2:1 en volumen. Este se proporcionó en una cucharilla de 0.05-ml operada por un solenoide, a la que se podía acceder mediante una apertura cilíndrica localizada en el centro de la pared frontal de la caja, 20 mm por encima del piso.

La cámara experimental se colocó dentro de una caja, con un ventilador integrado; el ventilador y la caja sirvieron para atenuar y enmascarar ruidos externos, respectivamente. Los eventos experimentales se controlaron y registraron, con una resolución de 10 ms, mediante una computadora personal, una interface y software MED STATE®.

### *Procedimiento*

Después de moldear la respuesta de apretar la palanca, las ratas recibieron un programa de RF1 por 3 sesiones. Enseguida se asignaron aleatoriamente a 1 de 4 grupos de 4 ratas cada uno. Los grupos difirieron en cuanto a la combinación particular de condiciones recibidas en 2 fases sucesivas, según el siguiente arreglo:

Grupo IV20IF30. En la primera fase se aplicó un programa de Intervalo Variable 20-s y, en la segunda fase, un programa de IF 30-s.

Grupo IV60IF30. En la primera fase se aplicó un programa de Intervalo Variable 60-s y, en la segunda fase, un programa de IF 30-s.

Grupo IV60IF90. En la primera fase se aplicó un programa de Intervalo Variable 60-s y, en la segunda fase, un programa de IF 90-s.

Grupo IV180IF90. En la primera fase se aplicó un programa de Intervalo Variable 180-s y, en la segunda fase, un programa de IF 90-s.

La primera fase se mantuvo en efecto por 30 sesiones, y la segunda fase 40 sesiones. Todas las sesiones concluyeron a la entrega del reforzador 46. Las sesiones se iniciaron con la cucharilla en posición de reposo. Al cum-

plir con el requisito programado, se accionó la cucharilla, permitiendo el acceso al reforzador por 3-s, con la luz de la cámara apagada y la del comedero encendida, al concluir ese tiempo, se restablecieron las condiciones iniciales con la luz de la cámara encendida, la luz del comedero apagada y la cucharilla en posición de reposo, y así sucesivamente hasta el último reforzador.

Los intervalos de los programas variables se calcularon mediante la fórmula de Flesher y Hoffman (1962) con  $N=46$  y media 20-s, para el programa IV 20-s, 60-s para el programa IV 60-s y 180-s, para el programa IV 180-s. De esta forma, el promedio esperado en las últimas cinco sesiones fue de 180, 60 y 20 reforzadores por hora, respectivamente.

### *Análisis de datos*

En todos los análisis se excluyeron los datos obtenidos antes del primer reforzador, en cada sesión. Se registró el tiempo de ocurrencia de cada respuesta de presionar la palanca y el tiempo de entrega del reforzador con una precisión de 10 ms. Las respuestas de cada rata en cada sesión de IF se clasificaron en 10 bins sucesivos de  $t/10$ , iniciando el conteo a la terminación del periodo del reforzador, con 0 como límite inferior del primer bin. Se analizaron tres índices de control temporal: La pausa pos-reforzador (PPR), la vida cuartilar (VC) y el patrón de respuestas: La PPR se calculó como el tiempo desde el inicio de los estímulos que señalaban el ensayo hasta la primera respuesta en el intervalo. La VC se calculó determinando el bin en que cayó  $\frac{1}{4}$  de las respuestas y mediante interpolación lineal, considerando los datos acumulados en cada sesión.

## RESULTADOS

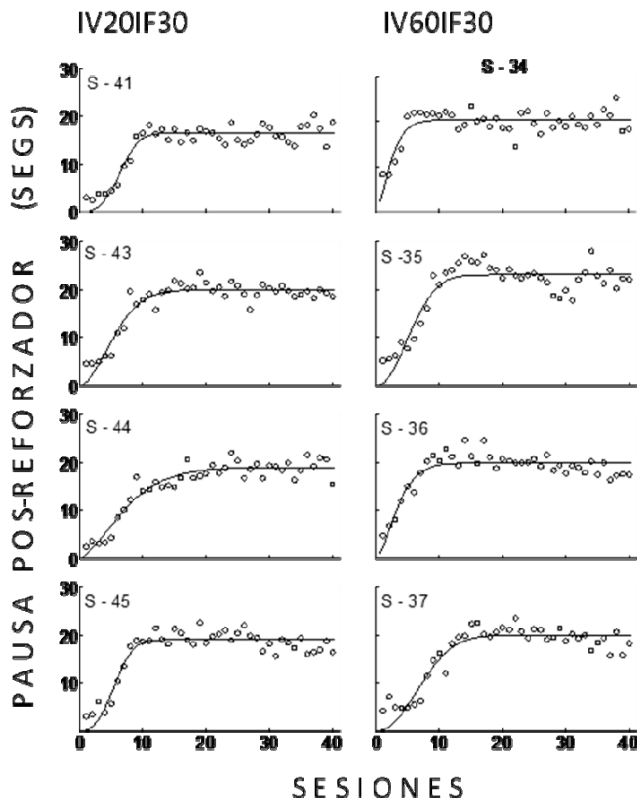
Se obtuvo la tasa global (total de respuestas/tiempo de la sesión-tiempo del reforzamiento) promediada sobre las últimas cinco sesiones en los programas de IV. Estas tasas variaron en función del valor programado: Máxima en el IV 20-s (media = 34.21, desviación estándar = 19.88), intermedia en el IV 60-s (media=24.94, desviación estándar = 10.51) y mínima en el IV 180-s (Media=14.12, desviación estándar= 10.35)

### *Adquisición*

Como indicadores de la adquisición del control temporal se utilizó la PPR y la VC, sesión a sesión.

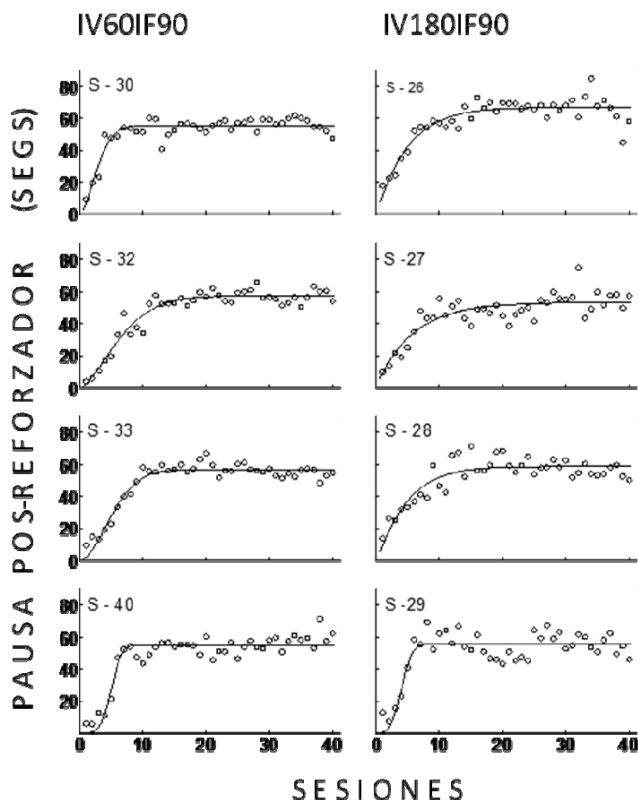
En la Figura 1 se presentan los valores de la PPR (ordenada) en función de las sesiones de entrenamiento en IF 30-s en las ratas que previamente

recibieron el programa de IV 20-s (IV20IF30, columna izquierda) y las que recibieron el programa IV 60-s (IV60IF30, columna derecha). En general, en todos los casos se observó una tendencia de la PPR a incrementar conforme transcurrían las sesiones. Aunque el incremento pareció ligeramente más rápido en algunas ratas que en otras, no se encontró evidencia clara de que haya sido más pronunciado en los animales de un grupo que en los de otros. En las últimas sesiones el valor de PPR fue relativamente similar en todos los animales (alrededor de los 19 s), independientemente del grupo de pertenencia.



*Figura 1.* La pausa pos-reforzador promedio en función de las sesiones para las ratas de los grupos IV20IF30 e IV60IF30. La línea continua representa la curva de mejor ajuste de la función Weibull.

En la Figura 2 se presentan los valores de la PPR (ordenada) en función de las sesiones de entrenamiento (abscisa) en IF 90-s en las ratas que previamente recibieron el programa de IV 60-s (IV60IF90, columna izquierda) y las que recibieron el programa IV 180-s (IV180IF90, columna derecha). Como en los grupos anteriores, en todos los casos se observó una tendencia de la PPR a incrementar conforme transcurrían las sesiones y a alcanzar un valor de PPR similar (alrededor de 59-s, en este caso). No se observó evidencia sistemática de diferencias en el curso de la PPR en función de la historia entre los animales que recibieron IFs de valor comparable.



*Figura 2.* La pausa pos-reforzador promedio en función de las sesiones para las ratas de los grupos IV60IF90 e IV180IF90. La línea continua representa la curva de mejor ajuste de la función Weibull.



Para los datos anteriores de cada sujeto se obtuvo el ajuste de la función Weibull por el método de mínimos cuadrados, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PPR = a \left( 1 - \left( 2^{-1} - \left[ \left( \frac{Sesión}{t} \right)^s \right] \right) \right) \dots \omega$$

Donde  $a$  es la asíntota,  $l$  la latencia y  $s$  la escala. La latencia indica el valor de la sesión en la que se alcanza la mitad del valor asintótico y se le puede asociar al tiempo que tarda en aparecer el control temporal. La escala es un indicador de qué tan abrupto es el cambio hacia el nivel asintótico y puede considerarse como un indicador de la gradualidad de la adquisición (ver Gallistel, Fairhurst & Balsam, 2004, para una discusión).

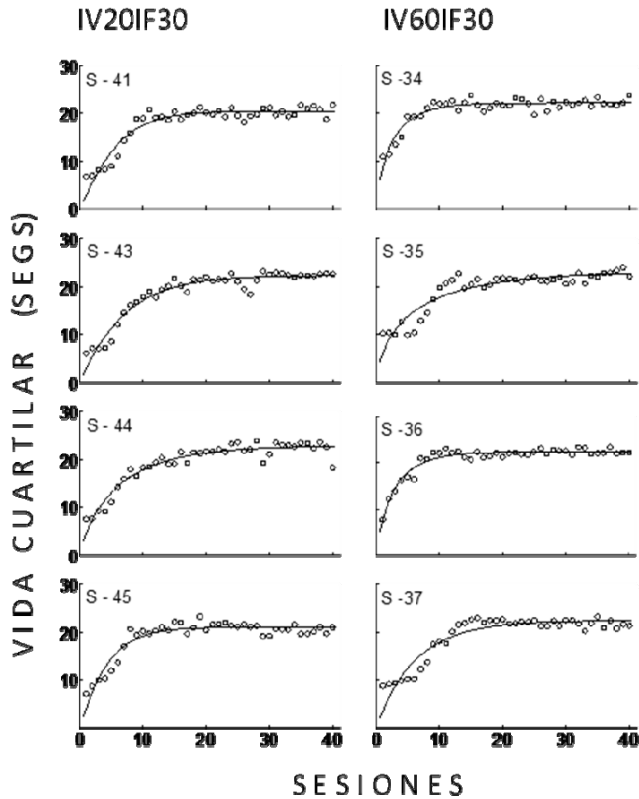
Las curvas continuas en las Figuras 1 y 2 representan la función de mejor ajuste de la función Weibull y en la Tabla 1 se presentan los parámetros de mejor ajuste. Aunque en general la función representó razonablemente el crecimiento de los datos, además de fuentes de error aleatorio se observaron desviaciones sistemáticas, particularmente debidas a que las PPR iniciales crecieron a un menor ritmo que las siguientes y a que, en varios casos, se observaron disminuciones en las sesiones finales respecto a las observadas a mitad del entrenamiento, aproximadamente. La función Weibull como aquí se describió, es monótonicamente creciente y su calidad de ajuste es muy sensible a las desviaciones arriba anotadas. A pesar de lo anterior, excepto en dos casos la varianza explicada ( $R^2$ ) fue mayor de .8 y el intervalo de confianza nunca incluyó valores de cero o negativos. De acuerdo con lo anterior la función Weibull puede considerarse como una razonable primera aproximación empírica a la descripción de los cambios en el valor de la PPR en función de las sesiones.

Tabla 1

*Valores estimados del ajuste de la función Weibull a los datos de PPR promedio de cada sesión a lo largo de la segunda fase del experimento (entre paréntesis están los valores inferior y superior del intervalo de confianza). En la columna derecha se presenta la  $R^2$  como indicador de la varianza explicada*

<i>Rata</i>	<i>Asíntota</i>	<i>Latencia</i>	<i>Escala</i>	<i>R2</i>
<b>IV20IF30</b>				
S-41	16.4 (15.8, 17.1)	6.4 (5.7, 7.1)	3.1 (1.8, 4.3)	.872
S-43	19.9 (19.2, 20.6)	5.3 (4.6, 6.0)	1.8 (1.3, 2.4)	.884
S-44	18.9 (18.0, 19.7)	6.6 (5.7, 7.6)	1.5 (1.1, 1.9)	.900
S-45	19.0 (18.3, 19.7)	5.5 (4.9, 6.1)	2.7 (1.7, 3.7)	.875
<b>IV60IF30</b>				
S-34	20.4 (19.6, 21.2)	2.2 (1.5, 2.8)	1.4 (0.71, 2.2)	.634
S-35	23.0 (22.0, 24.1)	5.6 (4.7, 6.4)	2.1 (1.2, 2.9)	.819
S-36	19.8 (19.1, 20.6)	3.2 (2.5, 3.8)	1.5 (0.9, 2.1)	.797
S-37	19.9 (19.0, 21.0)	7.2 (6.3, 8.2)	2.2 (1.4, 3.0)	.848
<b>IV60IF90</b>				
S-30	55.3 (53.7, 56.9)	2.7 (2.3, 3.2)	1.7 (1.1, 2.4)	.838
S-32	57.3 (55.2, 59.3)	6.0 (5.2, 6.7)	1.6 (1.2, 1.9)	.921
S-33	56.7 (55.1, 58.3)	5.1 (4.6, 5.7)	1.8 (1.4, 2.3)	.925
S-40	54.6 (52.8, 56.7)	5.0 (4.6, 5.5)	4.4 (2.2, 6.6)	.878
<b>IV180IF90</b>				
S-26	66.9 (63.9, 70.0)	3.5 (2.7, 4.4)	1.0 (0.7, 1.4)	.815
S-27	53.4 (49.4, 57.4)	4.0 (2.7, 5.2)	1.0 (0.6, 1.4)	.735
S-28	58.6 (55.8, 61.5)	3.6 (2.6, 4.5)	1.1 (0.7, 1.5)	.768
S-29	55.6 (53.0, 58.1)	4.0 (3.4, 4.6)	3.4 (1.2, 5.6)	.753

En la Figura 3 se presentan los valores de la VC (ordenada) en función de las sesiones de entrenamiento en IF 30-s, en las ratas que previamente recibieron el programa de IV 20-s (IV20IF30, columna izquierda) y las que recibieron el programa IV 60-s (IV60IF30, columna derecha). Como en los datos de PPR, en general en todos los casos se observó una tendencia de la VC a incrementar conforme transcurrían las sesiones, pero no se observaron diferencias sistemáticas en la rapidez de crecimiento o en los valores obtenidos en las últimas sesiones entre las ratas de los dos grupos. En las últimas sesiones el valor de VC fue relativamente similar en todos los animales (alrededor de los 23-s), independientemente del grupo de pertenencia.



*Figura 3.* La vida cuartil promedio en función de las sesiones para las ratas de los grupos IV20IF30 e IV60IF30. La línea continua representa la curva de mejor ajuste de la función Weibull.

En la Figura 4 se presentan los valores de la VC (ordenada) en función de las sesiones de entrenamiento (abscisa) en IF 90-s, en las ratas que previamente recibieron el programa de IV 60-s (IV60IF90, columna izquierda) y las que recibieron el programa IV 180-s (IV180IF90, columna derecha). Como en los grupos anteriores, en todos los casos se observó una tendencia de la VC a incrementar conforme transcurrían las sesiones y a alcanzar un valor similar (alrededor de 65-s, en este caso). No se observó evidencia sistemática de diferencias entre los animales de los grupos en estas evaluaciones de la VC.

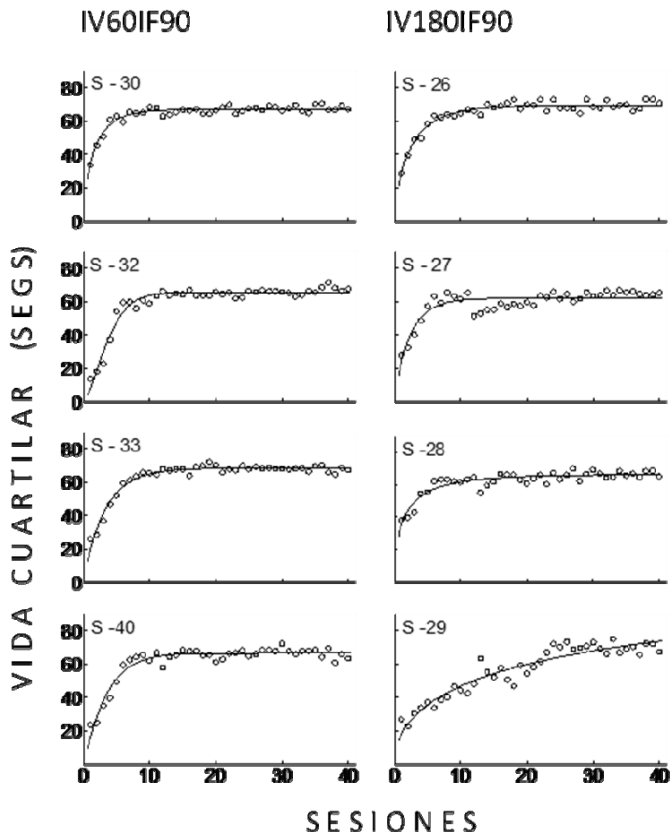


Figura 4. La vida cuartil promedio en función de las sesiones para las ratas de los grupos IV60IF90 e IV180IF90. La línea continua representa la curva de mejor ajuste de la función Weibull.

Para los datos anteriores de cada sujeto se obtuvo el ajuste de la función Weibull por el método de mínimos cuadrados, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$VC = a \left( 1 - \left( 2^{\left[ \left( \frac{Sesión}{l} \right)^b \right]} \right) \right) \dots \omega$$

donde las especificaciones son las mismas que para los datos de PPR.

Las curvas continuas en las Figuras 3 y 4 representan la función de mejor ajuste de la función Weibull y en la Tabla 2 se presentan los parámetros resultantes. En general la función representó razonablemente el crecimiento de los datos. Excepto en un caso (S-27, IV180IF90), la varianza explicada ( $R^2$ ) fue mayor de .8. Sin embargo, en una rata (S-29, IV180IF90) el parámetro de latencia no resultó significativo y el ajuste no puede considerarse apropiado. De acuerdo con lo anterior la función Weibull puede considerarse como una razonable descripción empírica de los cambios en la VC en función de las sesiones. Debe anotarse además que, en general, los datos de VC mostraron un mejor comportamiento que los de PPR.

Tabla 2

*Valores estimados del ajuste de la función Weibull a los datos de vida cuartilar promedio de cada sesión a lo largo de la segunda fase del experimento (entre paréntesis están los valores inferior y superior del intervalo de confianza). En la columna derecha se presenta la  $R^2$  como indicador de la varianza explicada*

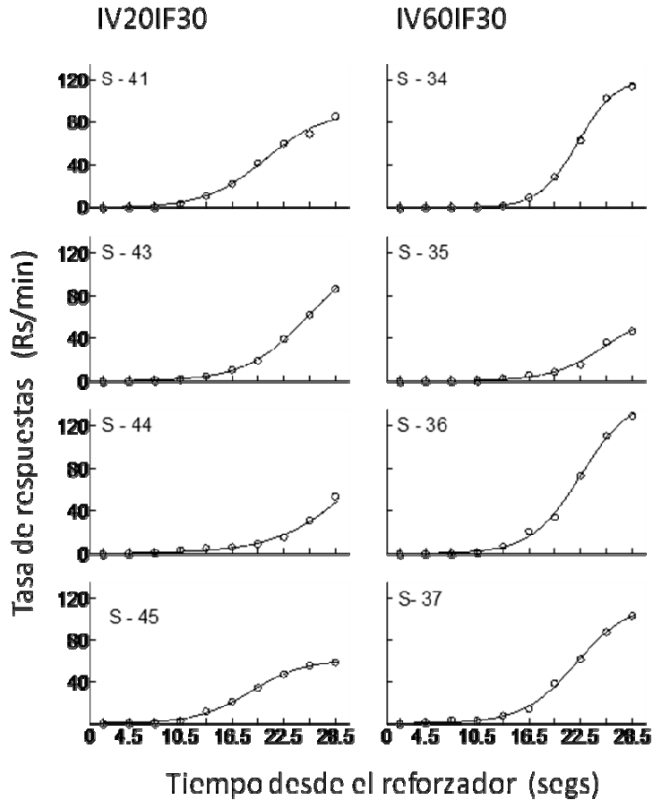
IV20IF30				
Rata	Asíntota	Latencia	Escala	$R^2$
S-41	20.4 (19.8, 21.1)	4.1 (3.5, 4.7)	1.1 (0.9, 1.4)	.899
S-43	22.3 (21.5, 23.1)	4.9 (4.3, 5.5)	1.0 (0.8, 1.2)	.936
S-44	22.8 (21.7, 23.9)	4.0 (3.3, 4.6)	0.8 (0.7, 1.0)	.914
S-45	21.0 (20.4, 21.6)	3.1 (2.6, 3.6)	1.1 (0.8, 1.3)	.891
IV60IF30				
S-34	22.2 (21.7, 22.7)	1.6 (1.2, 2.0)	0.8 (0.6, 1.0)	.864
S-35	23.3 (21.1, 25.6)	3.4 (2.47, 4.4)	0.7 (0.5, 0.9)	.839
S-36	22.3 (21.9, 22.7)	1.9 (1.6, 2.2)	0.9 (0.7, 1.0)	.938
S-37	22.4 (21.3, 23.4)	4.2 (3.5, 5.0)	1.0 (0.7, 1.2)	.871
IV60IF90				
S-30	67.1 (66.3, 67.9)	1.0 (0.8, 1.2)	0.8 (0.6, 0.9)	.919
S-32	65.3 (64.2, 66.5)	3.3 (3.0, 3.6)	1.5 (1.2, 1.8)	.950
S-33	68.4 (67.5, 69.3)	2.2 (2.0, 2.5)	0.97 (0.8, 1.1)	.958
S-40	66.4 (65.2, 67.5)	2.7 (2.4, 3.0)	1.1 (0.9, 1.2)	.948
IV180IF90				
S-26	69.6 (68.5, 70.7)	1.5 (1.2, 1.7)	0.7 (0.6, 0.9)	.932
S-27	62.1 (60.4, 63.7)	1.5 (1.1, 2.0)	0.9 (0.6, 1.2)	.772
S-28	66.1 (64.1, 68.0)	0.92 (0.6, 1.2)	0.6 (0.4, 0.7)	.828
S-29	108 (19, 198)	15 (-22, 52)	0.5 (0.3, 0.7)	.884

### *Últimas sesiones*

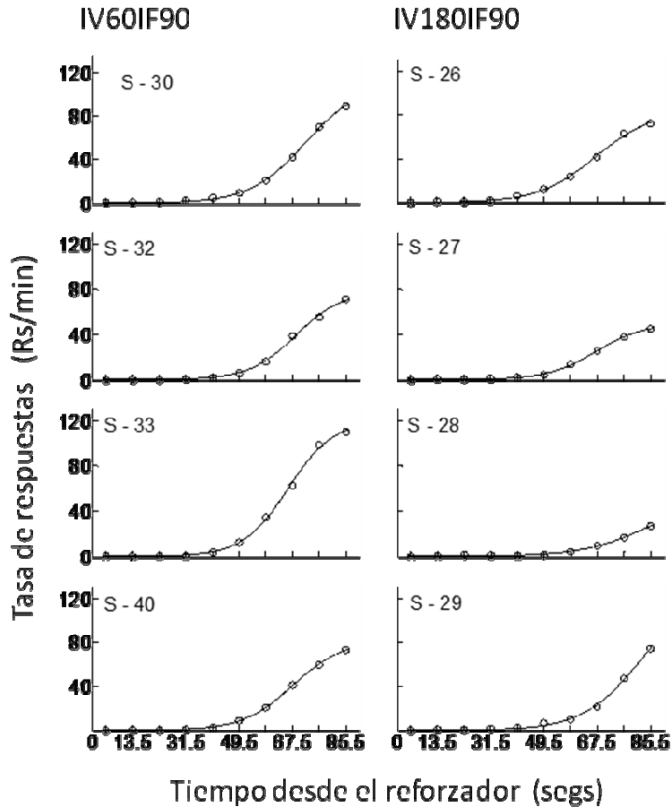
Para evaluar comparativamente el control temporal en las últimas sesiones, se analizaron los datos de patrón de respuesta, con la tasa de respuesta en función de los bins temporales de  $t/10$ , sobre el promedio de las últimas cinco sesiones de la segunda fase. Estos gradientes se presentan para todos los animales de los diferentes grupos (IV20IF30, Figura 5, columna izquierda), IV60IF30 (Figura 5, columna derecha), IV60IF90 (Figura 6, columna izquierda) y IV180IF90 (Figura 6, columna derecha). Se calcularon las funciones sigmoideas de mejor ajuste según la siguiente ecuación:

$$y = \frac{c}{1 + e^{-\frac{x-a}{b}}} \dots (6)$$

Donde el parámetro  $a$  es el centro, (el tiempo en el que la tasa de respuesta alcanza la mitad del máximo de respuesta estimado), el parámetro  $b$  es un estimado de la escala, considerado como un indicador de la precisión del control temporal y el parámetro  $c$  es un estimado de la tasa máxima de respuesta de la función. Las variables  $x$  y  $y$  representan el tiempo desde el reforzador y la tasa de respuesta, respectivamente (véase Guilhardi & Church, 2005).



*Figura 5.* Tasa de respuesta en función del tiempo desde el reforzador (bines temporales de  $t/10$ ). Las tasas son promedios obtenidos sobre las últimas 5 sesiones de entrenamiento en IF 30-s. La línea continua representa la curva de mejor ajuste de la función sigmoidea.



*Figura 6.* Tasa de respuesta en función del tiempo desde el reforzador (bines temporales de  $t/10$ ). Las tasas son promedios obtenidos sobre las últimas 5 sesiones de entrenamiento en IF 90-s. La línea continua representa la curva de mejor ajuste de la función sigmoidea.

Todos los ajustes resultaron significativos con una varianza explicada  $R^2$ , siempre mayor de .99, y con pequeños intervalos de confianza de los parámetros estimados (véase la Tabla 3, para una presentación de los valores estimados de los parámetros). El valor estimado del centro y de la escala fue mayor para los grupos IV20IF30 y IV60IF30 que para los grupos IV60IF90 y IV180IF90, lo que no es inesperado si se consideran las diferencias del requisito temporal del programa IF entre esos grupos y la proporcionalidad de respuestas a valores proporcionales del intervalo. Los valores estimados de la tasa máxima difirieron entre los sujetos con valores de IF comparables,



debido a diferencias individuales en las tasas de respuesta. Sin embargo, no existió evidencia clara de diferencias sistemáticas en este parámetro entre los grupos. Este dato debe considerarse con precaución, puesto que algunos patrones no mostraron una tendencia negativamente acelerada (notablemente S-29, grupo IV20IF30, S-29 IV180IF90). En todo caso, ese parámetro es sensible a la forma de crecimiento del gradiente y explica en parte los desplazamientos del parámetro  $c$  (centro) hacia la derecha en los casos en que la tasa máxima fue grande.

Tabla 3

*Valores estimados del ajuste de la función sigmoidea a los datos de patrón de respuesta promediado sobre las últimas cinco sesiones de la segunda fase del experimento (entre paréntesis están los valores inferior y superior del intervalo de confianza). En la columna derecha se presenta la  $R^2$  como indicador de la varianza explicada*

IV20IF30				
Rata	Centro	Escala	Tasa máxima	$R^2$
S-41	20.3 (19.1, 21.6)	3.6 (2.7, 4.2)	91.0 (80.2, 102.0)	.995
S-43	25.5 (24.6, 26.3)	3.7 (3.3, 4.0)	124.7 (111.6, 137.7)	.999
S-44	32.1 (31.1, 33.0)	4.8 (4.1, 5.5)	150 (Fijo)	.991
S-45	18.6 (18.1, 19.2)	3.1 (2.7, 3.5)	61.1 (57.9, 64.2)	.998
IV60IF30				
S-34	22.2 (21.9, 22.5)	2.2 (2.0, 2.4)	122.9 (117.6, 128.3)	.999
S-35	25.3 (22.1, 28.4)	3.1 (1.8, 4.4)	65.2 (38.0, 92.5)	.989
S-36	22.5 (21.7, 23.3)	2.9 (2.4, 3.4)	147.5 (133.5, 161.5)	.998
S-37	22.0 (21.2, 22.7)	3.1 (2.6, 3.5)	115.2 (106.1, 124.4)	.998
IV60IF90				
S-30	71.8 (69.8, 73.8)	9.4 (8.4, 10.3)	110.5 (101.5, 119.5)	.999
S-32	68.6 (66.5, 70.7)	7.9 (6.6, 9.2)	78.6 (71.5, 85.7)	.998
S-33	66.0 (64.4, 67.6)	7.6 (6.6, 8.7)	120.0 (112.3, 127.8)	.999
S-40	67.5 (66.7, 68.4)	8.5 (8.0, 9.0)	81.3 (78.5, 84.0)	.999
IV180IF90				
S-26	67.2 (64.8, 69.5)	9.7 (8.4, 11.0)	84.0 (76.7, 91.2)	.999
S-27	67.0 (65.7, 68.3)	8.1 (7.3, 9.0)	49.7 (47.1, 52.4)	.999
S-28	84.7 (73.0, 96.3)	11.1 (8.3, 14.0)	52.2 (24.3, 80.0)	.997
S-29	82.3 (75.3, 89.4)	9.9 (7.9, 11.9)	128.6 (84.5, 172.6)	.998

## DISCUSIÓN

En el presente experimento se evaluaron los efectos de la frecuencia de reforzamiento proporcionado por programas de reforzamiento de IV sobre la

adquisición y estado estable del control temporal en programas IF. Los decrementos o incrementos de la frecuencia de reforzamiento en IF, respecto a la proporcionada por los programas IV no produjeron diferencias en el control temporal generado por este programa en el curso de adquisición o en las sesiones terminales del mismo. Estos hallazgos concuerdan con los de Baron y Leinenweber (1995), de Cole (2001) y de López y Menez (2005) en cuanto a que el patrón de respuesta, después de un entrenamiento relativamente prolongado en programas de IF, es independiente de la historia de condicionamiento. Sin embargo, a diferencia de los estudios anteriores, no se encontró evidencia de diferencias en el curso de adquisición del control temporal.

Las mediciones de PPR y VC obtenidas en este estudio, representan una forma de identificar el punto de transición de un período sin o con pocas respuestas a otro en que el animal responde de manera regular. Por consiguiente, se les considera como indicadores de discriminación temporal. Los resultados sugieren que, la adquisición del control temporal en el presente experimento no difirió entre los grupos con historias diferentes en los programas IF del mismo valor. En aquellos estudios en que se han observado diferencias, la adquisición se ha visto acelerada cuando los programas de la historia de condicionamiento contienen elementos que incluyen al paso del tiempo como indicador de la ocurrencia del reforzador: programas de reforzamiento de tasas bajas (Urbain, Poling, Millan, & Thompson, 1978) o Tiempo Fijo (López y Menez, 2005). Por consiguiente, es posible que establezcan al tiempo como un componente importante de la situación experimental y que éste se transfiera a la condición de entrenamiento en IF, facilitando así el desarrollo del control temporal de este programa. En el presente estudio, los programas de IV no proporcionaron esas condiciones, por lo que se puede especular que los animales enfrentaron el entrenamiento en IF en condiciones similares que no favorecieron diferencialmente la adquisición del control temporal. Sin embargo, si generaron condiciones en que las tasas de entrada al IF ocurrieron a diferentes niveles. Por consiguiente, el estudio sugiere que la tasa de entrada no es un factor importante en la adquisición del control temporal. No obstante, esta posibilidad requiere de mayor investigación a fin de verificar su viabilidad. En particular, queda por evaluar un mayor grado de diferencia entre las frecuencias de reforzamiento proporcionadas en las historias de condicionamiento. En segundo lugar, es posible que se requiera de mayor control sobre las tasas de entrada puesto que, en el presente experimento, hubo una considerable dispersión de los valores de tasa de respuesta generados por cada valor de IV.

Adicionalmente, en el presente experimento se ensayó una forma cuantitativa de describir la adquisición, según las mediciones anotadas. Con este fin se obtuvieron ajustes de la función Weibull, a diferencia de Guilhardi y Church (2005), quienes emplearon una función exponencial con fines

similares, obteniendo ajustes elevados. En el presente estudio el ajuste de la función Weibull no alcanzó los niveles de explicación de la varianza que las del estudio antes mencionado, particularmente en el caso de la PPR en función de las sesiones. No obstante, una fuente de error importante en el presente estudio fue que los datos no tendieron a crecer monótonicamente, observándose en algunos casos un decremento en los valores obtenidos en las últimas sesiones respecto a las inmediatamente precedentes. Por consiguiente no es probable que la función exponencial mejore la descripción, puesto que ambas funciones, la Weibull y la Exponencial, como se aplicaron en estos estudios, son monótonicamente crecientes. Bajo condiciones en las que no existe una manipulación de la historia de condicionamiento, es probable que ambas funciones resulten similarmente apropiadas. En condiciones en que se manipula la historia, como en el presente caso, será necesario identificar versiones modificadas que sean sensibles al curso obtenido como en algunos casos del presente estudio. Esta tarea resulta importante en la medida en que los indicadores cuantitativos reflejen el curso de adquisición, permitiendo así verificaciones más precisas del mismo bajo diferentes circunstancias, como la historia de condicionamiento.

Como se señaló anteriormente, el patrón de respuesta en las últimas sesiones no difirió sistemáticamente entre las ratas de los diferentes grupos. Conviene anotar, sin embargo, que en el presente estudio se observaron dos patrones que difirieron en cuanto a la tendencia de las curvas de respuesta: algunos mostraron una clara tendencia a ser negativamente acelerados mientras que, en otros casos, la tendencia fue hacia una aceleración constante o ligeramente creciente. Esto influye de manera directa en los valores de centro y tasa máxima estimados por la función sigmoidea y bien podrían indicar factores de ejecución asociados a la tendencia a crecer o la sobreestimación del tiempo. En todo caso, es un dato que posiblemente merezca una mayor consideración en el futuro.

En conclusión, el presente estudio aporta información sobre posibles condiciones de historia y sus efectos sobre la adquisición y estado estable en IF. Por otro lado subraya la cuestión de la descripción cuantitativa de la adquisición de la discriminación temporal. El problema de la descripción cuantitativa de la adquisición ha sido de importancia en el desarrollo de modelos de aprendizaje (Cousineau & Lacroix, 2006). Por esta razón y por sus posibles implicaciones para modelos dinámicos del aprendizaje temporal, como los Guilhardi, Yi & Church (2007) y de Machado (1997), los efectos de historia de condicionamiento y la descripción cuantitativa de la adquisición son tareas pertinentes en la moderna investigación sobre aprendizaje temporal.

## REFERENCIAS

- Baron, A., & Leinenweber, A. (1994). Molecular and molar aspects of fixed-interval performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *61*, 11–18.
- Baron, A., & Leinenweber, A. (1995). Effects of a variable-ratio conditioning history on sensitivity to fixed-interval contingencies in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *63*, 97–110.
- Cole, M. R. (2001). The long-term effect of high- and low-rate responding histories on fixed interval responding in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *75*, 43–54.
- Cousineau, D., & Lacroix, G. L. (2006). Getting parameters from learning data. *Tutorials in quantitative methods in psychology*, *2*, 77-83.
- Dews, P. B. (1970). The theory of fixed-interval responding. In W. N. Schoenfeld (Ed.), *The theory of reinforcement schedules* (pp. 43–61). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Dukich, T. D., & Lee, A. E. (1973). A comparison of measures of responding under fixed-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *20*, 281-290.
- Ferster, C. B., & Skinner, B. F. (1957). *Schedules of reinforcement*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Flesher, M. & Hoffman, H. S. (1962). A progression for generating variable-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *5*, 529-530.
- Gallistel, C. R., Fairhurst, S. & Balsam, P. D. (2004). The learning curve: Implications of a quantitative analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*, 13124-13131.
- Gentry, G. D., Weiss, B., & Laties, V. G. (1983). The microanalysis of fixed-interval responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *39*, 327–343.
- Gollub, L. R. (1964). The relations among measures of performance on fixed-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *7*, 337-343.
- Guilhardi, G & Church, R. M. (2005). Dynamics of temporal discrimination. *Learning & Behavior*, *33*, 399-416.
- Guilhardi, P., Yi, L., & Church, R. M. (2007). A modular theory of learning and performance. *Psychonomic Bulletin & Review*, *14*, 543-559.
- López, F., & Menez, M. (2005). Effects of reinforcement history on response rate and response pattern in periodic reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *83*, 221-241.
- Machado, A., 1997. Learning the temporal dynamics of behavior. *Psychological Review*, *104*, 241–265.
- Machado, A., & Cevik, M. (1998). Acquisition and extinction under periodic reinforcement. *Behavioural Processes*, *44*, 237–262.
- Schneider, B. (1969). A two-state analysis of fixed-interval responding in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *12*, 677–687.
- Urbain, C., Poling, A., Millam, J., & Thompson, T. (1978). d-amphetamine and fixed-interval performance: Effects of operant history. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *29*, 385–392.