

# Tiempo y Comportamiento

**Arturo Bouzas**

ACAI, Mayo 2017

Desde su inicio, la Psicología ha reconocido la importancia del tiempo en el control del comportamiento. Conceptualmente la contigüidad temporal ha sido una de los pilares del estudio de la conducta. Así mismo, desde los estudios de Pavlov se sabe que el comportamiento se adapta a las propiedades temporales de los protocolos experimentales (protocolo de condicionamiento demorado y huella). Posteriormente en los estudios con programas de reforzamiento se observó que en programas de intervalo fijo la tasa de respuesta mostraba un festoneo después de cada reforzador. De igual forma se observó que los tiempos entre respuesta eran propiedades reforzables del comportamiento. Al inicio de los años 60s, se encontró que en programas concurrentes con iguales valores de IV pero que entregaban el reforzador con diferentes demoras para las dos respuestas, las razones de respuesta igualaban las razones de los recíprocos de las demoras  $P1/p2 = d2/d1$ .

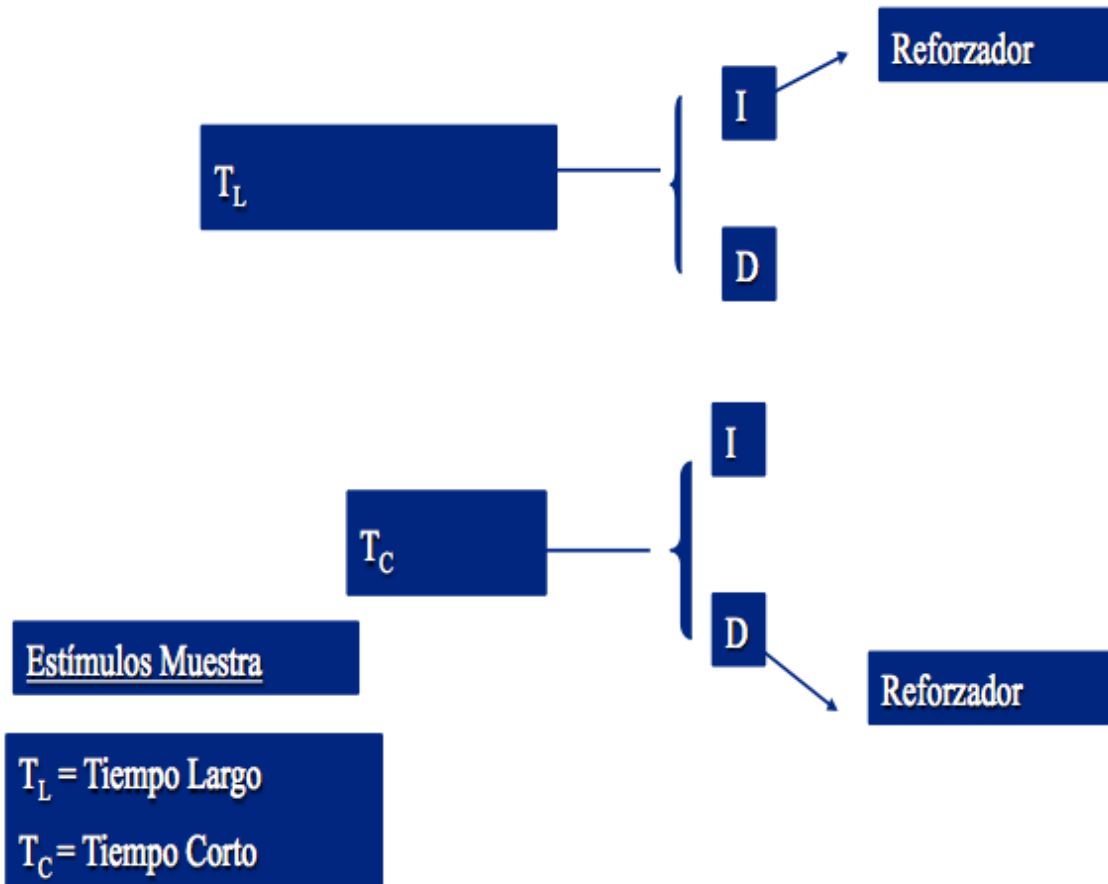
Estos fenómenos representaban un reto para el principio de contigüidad, pues implicaban el efecto de acción a distancia. La solución que dominó por décadas el entorno teórico, fue postular una variante de un integrador. Para resolver el problema de la acción a distancia se postuló que tanto estímulos, incluyendo los refuerzos, como las respuestas, dejaban una huella en el tiempo que disminuía conforme este avanzaba. Al principio, se le conoce en diferentes dominios y épocas como gradiente

de demora, gradiente de refuerzo, huella de memoria, función de descuento. Se postulaba que la asociación se daba entre las huellas de los diferentes sucesos. Algunos modelos ponen el énfasis en el decaimiento de la memoria de los estímulos o respuestas antecedentes, mientras que otros enfatizan el decaimiento hacía atrás de reforzadores que están alejados en el tiempo. Como un ejemplo, en un programa IF, el festoneo se puede explicar porque el efecto inhibitor del refuerzo decrementa conforme transcurre el intervalo. Otra interpretación del festoneo, es que el impacto del reforzador decrece conforme está más alejado de la respuesta y aún una interpretación adicional es que el festoneo resulta de que la huella de las primeras respuestas en el intervalo son más débiles.

Note que en las interpretaciones anteriores, no es posible recuperar de la fuerza asociativa o de respuesta la información del tiempo de ocurrencia de los eventos. La misma fuerza asociativa puede surgir de un número enorme de experiencias. Por ello, la pregunta experimental importante fue determinar si los organismos representan explícitamente la información temporal proporcionada por su entorno. La primera forma natural de darle respuesta a esta pregunta fue con estudios psicofísicos que permitieran evaluar directamente el control que gana el paso del tiempo sobre comportamiento.

El procedimiento es conocido como "igualación a la muestra", y de "bisección" cuando se emplea para construir una escala. La siguiente figura (cortesía de Oscar Zamora) ilustra el procedimiento

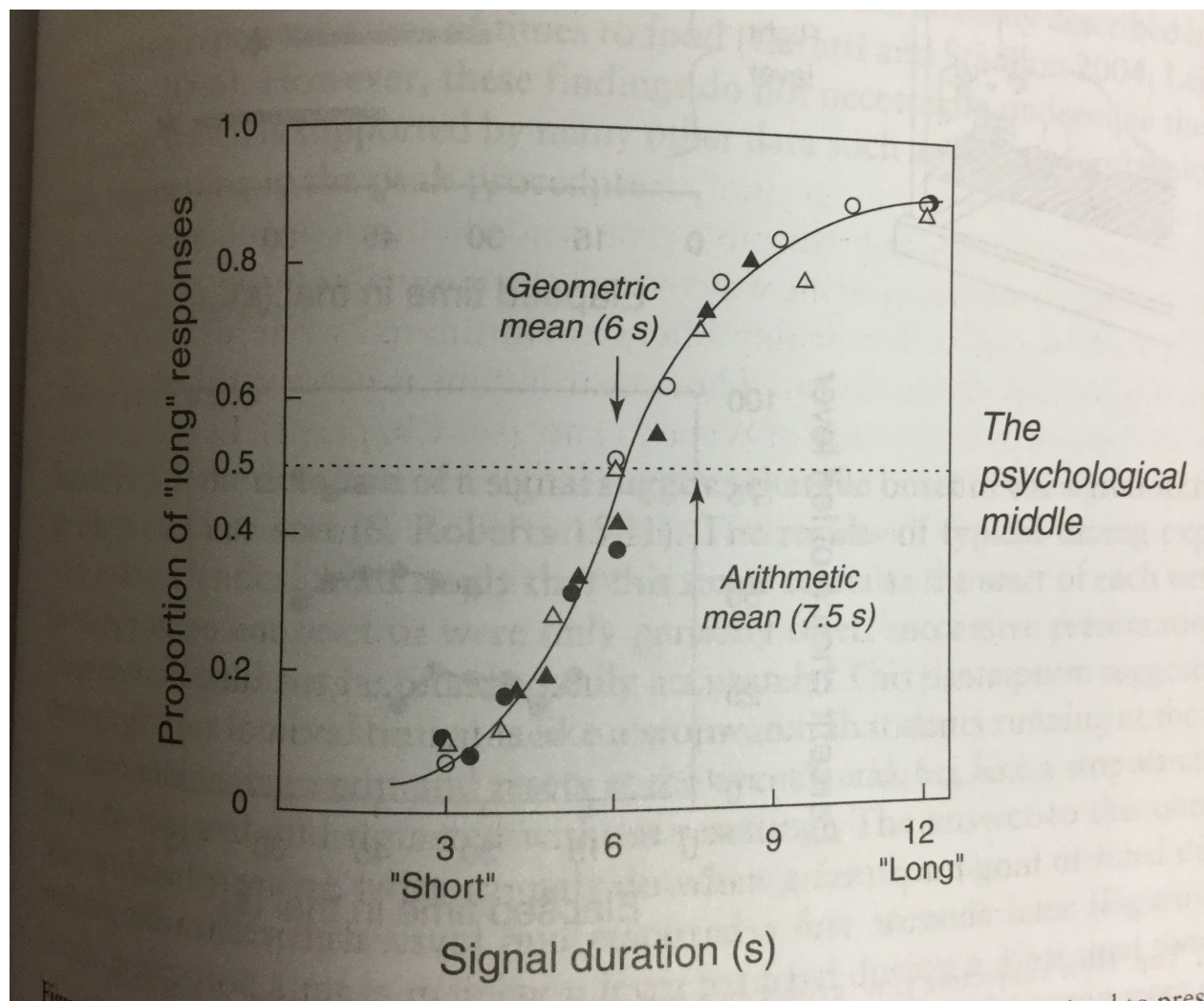
# Bisección Temporal



Facultad de Psicología UNAM

En un procedimiento de ensayos discretos, al organismo se le presenta uno de dos estímulos que varían solo en su duración. Una vez concluido el estímulo, se les presentan dos opciones de respuesta, cual de las dos es reforzada depende de la duración del estímulo muestra. Por ejemplo, las duraciones pueden ser de 2" y de 8".

En este procedimiento los animales aprenden rápidamente cual es la respuesta correcta dada la duración del estímulo. Sin embargo, en los experimentos psicofísicos, el objetivo es buscar la relación entre un continuo, en este caso la duración del estímulo y las respuesta psicológica a él, de tal forma que permita escalar psicológicamente esa duración. Para ello, en el experimento se añade una fase de bisección. En esta, en un porcentaje de ensayos de prueba, en lugar de presentarle alguno de los dos estímulos muestra, se le presentaba un nuevo estímulo de una duración intermedia entre la duración corta y larga. Por ejemplo, en la condición 2- 8, se presentaban estímulos de 3, 4, 5, 6 y 7 segundos de duración. Para cada duración se computa la proporción de ensayos en los que respondió "largo". Cuando el estímulo era de 8" esa proporción es cercana a 1.0. Cuando la duración era de 2", la proporción es cercana a 0.0. La proporción de respuestas a los nuevos estímulos es un indicador de su categorización como duraciones largas o cortas. A esta función se le conoce como una "función Psicométrica". La figura 2 muestra un ejemplo.



Su forma es comúnmente una S. Al procedimiento se le llama de bisección porque permite establecer que valor de los nuevos estímulos es igualmente categorizado como largo o corto. Esto es, está psicológicamente entre la duración larga y la corta. Se obtiene encontrando la duración que produce una proporción de respuesta de 0.5. En diferentes condiciones se entrena a los sujetos con diferentes pares de duraciones y se obtiene una función psicométrica para cada una de ellas.

La pregunta en los experimentos de bisección se relaciona a la forma como promedian los animales los estímulos de entrenamiento para obtener el punto de bisección. La primera posibilidad es que computen una simple media aritmética. En el caso

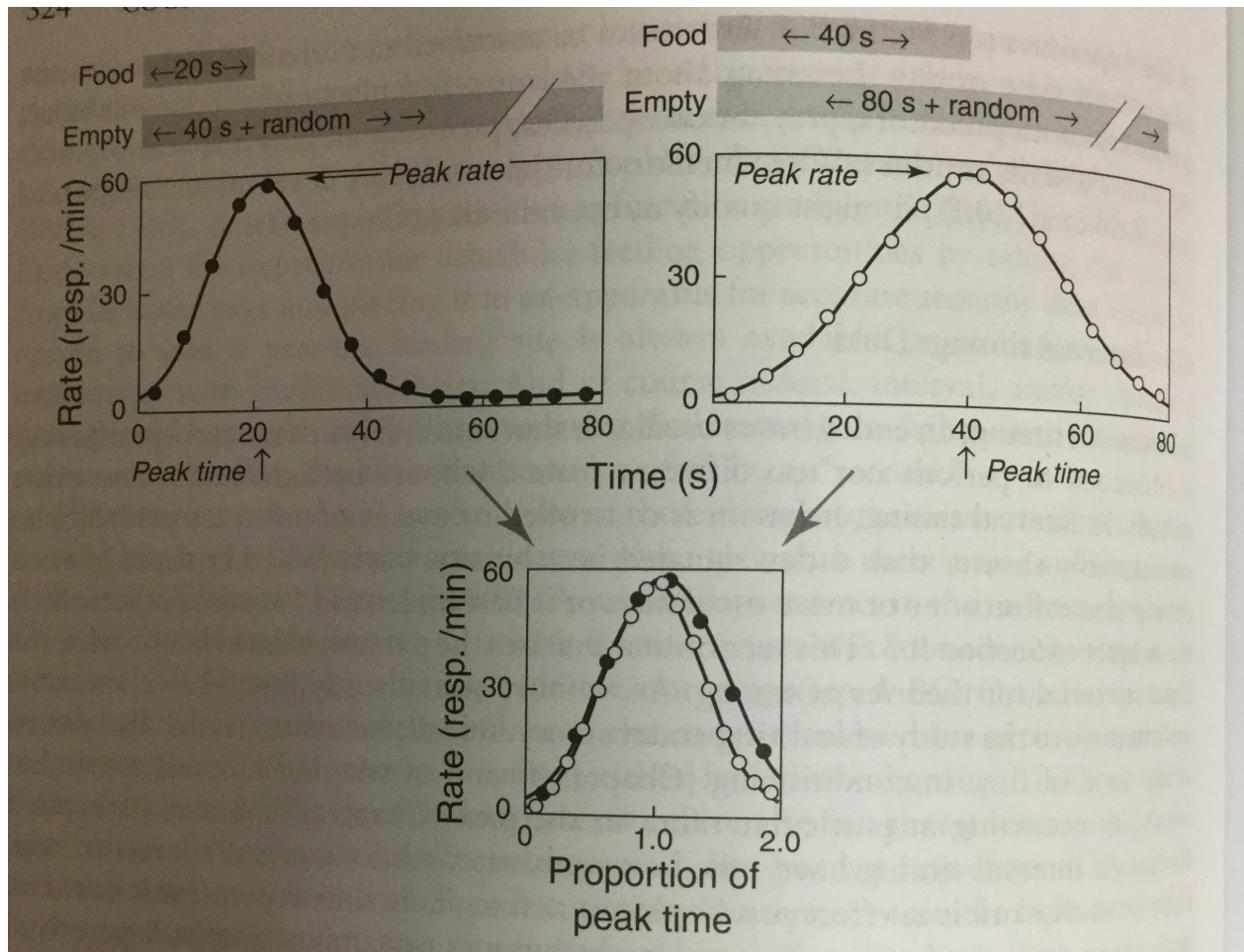
de la condición 2 - 8, el punto de bisección correspondería a 5 seg  $(2+8)/2$ . Una segunda posibilidad es que los animales comparen la proporción de las duraciones y elijan su respuesta a partir de esa razón. En ese caso el punto de bisección correspondería a la media geométrica, que en nuestro ejemplo sería  $= 4$ . Esto es, la razón de 4:2 es igual a 8:4. Si la duración de los estímulos de entrenamiento fueran 8 y 32, el punto de bisección sería la media geométrica igual a 16, que implica que la razón de 16:8 es igual a 32:16.

Note que una de las implicaciones importantes de este hallazgo es que la cantidad  $\Delta t$  por la que debe incrementarse la duración corta para que sea identificada como larga, es proporcional a su duración:  $\Delta t/t = \text{constante}$ . En nuestro ejemplo hipotético es de 2 a 1. A esta ecuación se le conoce como la fracción de Weber y es una propiedad muy general de nuestros sistemas sensoriales. Lo que debe incrementarse un estímulo para que se detecte diferente crece proporcionalmente a la magnitud del estímulo. Recuerde el ejemplo del impacto de un cerillo en la oscuridad y el número de focos que se requieren para detectar una diferencia en un cuarto bien iluminado.

Un segundo procedimiento frecuentemente empleado para estudiar estimación temporal se le conoce como procedimiento de pico. En este protocolo a los animales se les expone en ensayos discretos a un programa de intervalo fijo. Una vez que el comportamiento es estable, en un pequeño porcentaje de los intervalos, la respuesta no es reforzada al concluir el intervalo y en su lugar el ensayo continúa hasta el doble de tiempo. Durante estos ensayos sin reforzador se encuentra que la tasa de respuesta es simétrica creciendo hasta el punto que correspondería a la entrega del refuerzo y decreciente a partir de ese "pico". Con diferentes valores de IF se encuentra un fenómeno adicional. El pico de la distribución corresponde al IF entrenado, pero la variabilidad de la distribución (varianza) incrementa conforme el valor del IF incrementa.  $\text{Var}(t)/t$  es una constante. Como un resultado, si se grafica la tasa de respuesta como

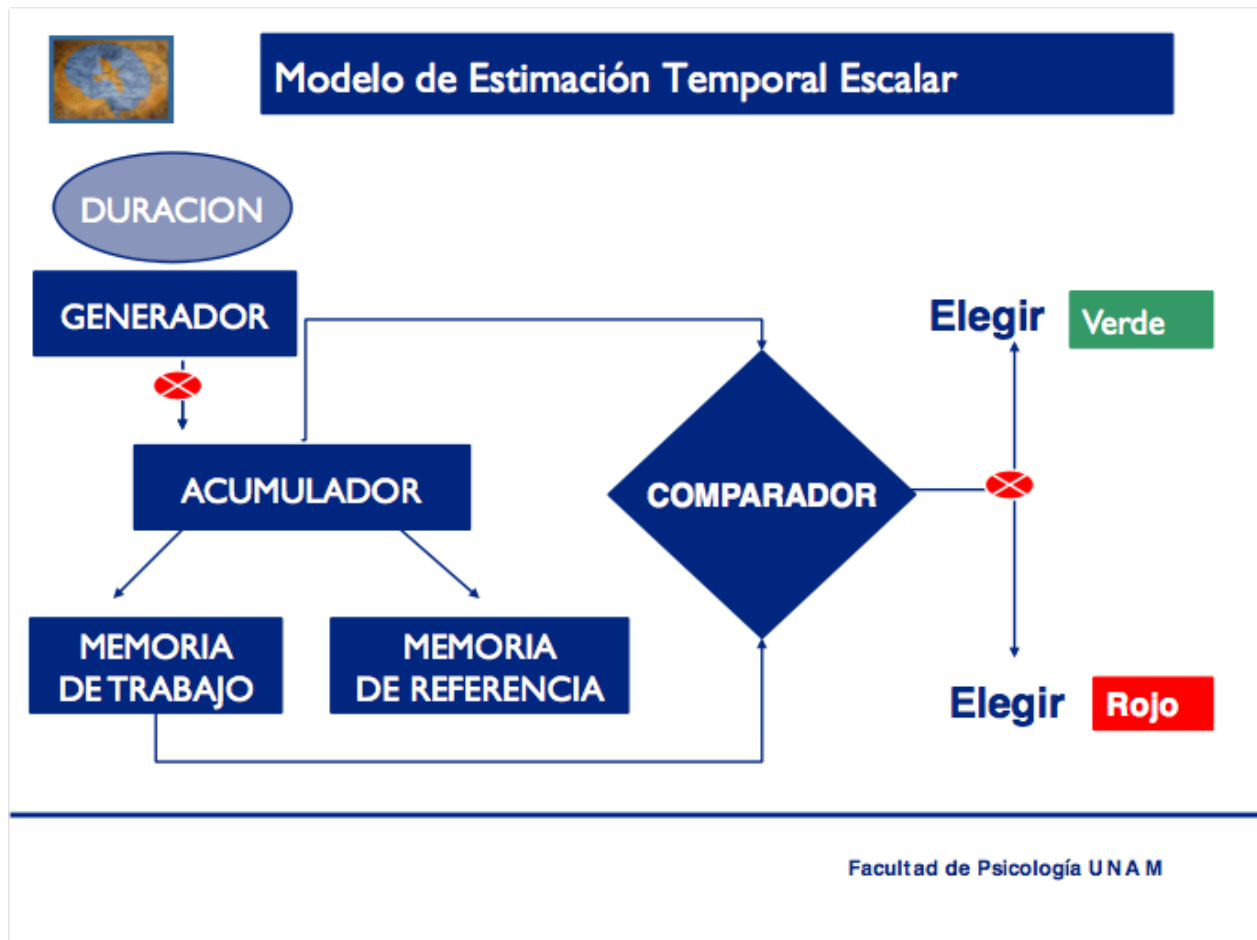


una proporción del IF encontramos que para un rango amplio de IF, las distribuciones se sobreponen con un pico en la proporción igual a 1, el valor del intervalo original y decremantan simétricamente hacia 0 y 2 (recuerden que en esos ensayos, el intervalo concluye sin refuerzo a  $2t$ ). Este resultado es un ejemplo adicional de la propiedad "escalar" de la estimación temporal.



Los resultados de los dos protocolos descritos son los datos que debe explicar un modelo de la estimación temporal. En la literatura se pueden encontrar de explicaciones basadas en integradores. Básicamente suponen que estímulos producen un impacto  $V$  que decae en el tiempo y que diferentes valores de  $V$  se asocian con refuerzo.

Una alternativa que describí en detalle en clase es una teoría representacional en la que se asume que los organismos representan explícitamente el tiempo. Un diagrama que reproduzco de una presentación con Oscar Zamora es la siguiente:



Para nuestros propósitos es suficiente distinguir que postula un generador de pulsos, un interruptor que abre el paso a los pulsos, un acumulador que mantiene en memoria de trabajo el resultado del contador, hasta el punto en el que debe hacer una comparación, después de la cual el valor final se transfiere a la memoria de referencia, para usarse en comparaciones posteriores.

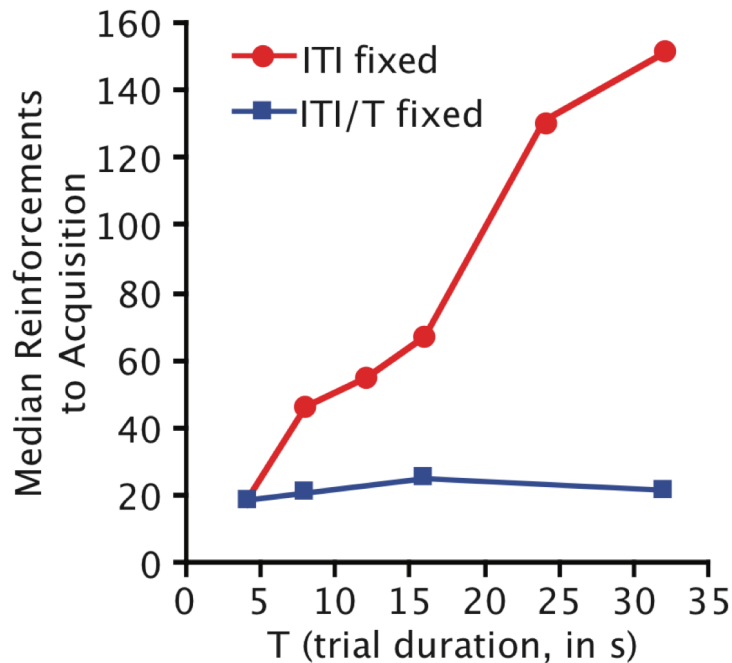
En el modelo la estimación temporal es lineal, ie casi verídica en su media, pero que conforme incrementa la duración a estimar la variabilidad incrementa (datos de



procedimiento de pico). El origen de la variabilidad puede tener su origen en varios puntos del modelo. Los experimentos de bisección se explican por la regla que se emplea en la etapa de comparación. Como vimos es una regla de comparación de razones  $|(n'-n)/n'| < d$ , donde  $n'$  es el numero del contador en memoria de referencia, mientras que  $n$  es el número en memoria de trabajo;  $d$  es el umbral necesario para responder.

En condicionamiento clásico el tiempo también juega un papel muy importante. En un protocolo estándar hay dos tiempos, uno la duración del estímulo condicionado (TEC), el otro la duración del final del EC al inicio del siguiente, a este tiempo se les conoce como tiempo entre ensayos (TEE). Si solo importará la contigüidad, la manipulación del TEE no tendría ningún efecto sobre el aprendizaje. En un experimento se manipularon dos condiciones, en la primera se incrementó el la duración del estímulo condicionado (TEC) manteniendo constante el tiempo del intervalo entre ensayo (TEE), en una segunda condición se incrementaron ambas duraciones proporcionalmente, por ejemplo de

4 a 8 y 48 a 96 respectivamente. La siguiente figura muestra los resultados. La línea roja muestra que incrementar la duración del EC manteniendo constante la duración del intervalo entre ensayo el número de refuerzos necesarios para el aprendizaje incrementa. Por el contrario mantener constante la razón TEE/TEC no tiene un efecto sobre el numero de refuerzos necesarios para el aprendizaje (esta es otra medida del aprendizaje).



Estos estudios proporcionan una explicación alternativa del aprendizaje asociativo. Los organismos son sensibles a la razón TEE/TEC, si esta rebasa un valor el animal aprende acerca de la importancia del EC. Una forma de entenderlo es suponer que EC reduce la incertidumbre acerca del momento de ocurrencia de un refuerzo, mientras la razón TEE/TEC sea mas grande mayor es la reducción en la incertidumbre de la entrega, el refuerzo solo aparece en un contexto temporal grande en la precencia de un estímulo breve relativo a los tiempos entre presentación del refuerzo.

Finalmente, la investigación reciente estudia la posibilidad de que los animales no humanos aprendan acerca de episodios, sucesos que tienen estampado un tiempo y un espacio. Un estudio clásico es con pájaros que almacenan comida para comerla más tarde. se les da la oportunidad de esconder tres alimentos que tienen un orden de preferencia: cacahuates, gusanos y grillos, y diferentes tiempos de descomposición. Se les da la oportunidad de seleccionar entre los tres alimentos después de tres tiempo que permiten la descomposición diferencial de ellos.

4 hrs después de almacenarlos prefieren gusanos

28 hrs después grillos

100 hrs después cacahuates.