

Motivación: su efecto sobre la estrategia de solución del laberinto octogonal.

*M. de los Angeles Saavedra¹, Teresa Pinto.²,
Fernando Marchant y Christian Urzúa*

Resumen

Los animales desarrollan diversas estrategias para obtener comida. El laberinto Octogonal de Olton es un aparato apropiado para estudiar las estrategias que utilizan las ratas para ubicar el lugar del alimento. Requiere de memoria a corto plazo (“working memory”) pues el S deberá retener información para completar la tarea sin cometer ningún error; se considera error volver a entrar a un brazo ya visitado. El objeto del presente trabajo fue estudiar la estrategia utilizada por 3 cepas de ratas –albinas, grises y Hooded (Cepa Long Evans)- para localizar la comida bajo dos condiciones de motivación: un grupo fue privado de comida hasta llegar al 84% de su peso inicial, y el otro al 75%.

En base a resultados previamente obtenidos en nuestro laboratorio, planteamos la hipótesis de que las ratas menos motivadas (84%) se comportarían como las descritas en la literatura, es decir, entrando a los brazos en forma aleatoria, guiadas por claves visuales alocéntricas. Cuando el grado de privación fuese mayor, las ratas usarían claves intralaberínticas egocéntricas y propioceptivas. Esta estrategia egocéntrica debería ser más efectiva ya que las ratas al elegir más el brazo adyacente cometen menos errores.

Los resultados corroboraron la hipótesis. En las tres cepas los grupos más privados usaron una estrategia significativamente diferente a la de las ratas menos motivadas ($F=37,3$, $gl=1$, $p<0.0001$). Un cambio tan consistente en la estrategia de solución indicaría que en una situación estresante el sujeto usa claves que le permiten una solución más efectiva.

Palabras claves: motivación, estrategias de aprendizaje, laberinto octogonal, memoria espacial a corto plazo; cepas de ratas.

Abstract

Animals develop diverse strategies to obtain food. Olton's Octogonal maze constitutes an appropriate instrument to study the strategies used by rats to locate food. It requires short term memory or working memory, as S has to retain information to complete its task with an errorless performance. An error consists of entering an already visited arm.

The purpose of the present experiment was to study the strategy used by three strains of rats- albino, gray and hooded- to locate food under two different conditions of motivation. One group was deprived of food until it reached 84% of its initial weight, the other until it reached 75%.

Based on previous results obtained in our laboratory we expected the less motivated rats (84%) to behave

1 Psicóloga, PhD, Universidad de Yale, U.S.A. Departamento de Psicología, Universidad de Chile. e-mail: mignon@entelchile.net.

2 MD, Universidad de Chile, MSc. Facultad de Medicina, I.C.B.M. Programa de Fisiología.

as described in the literature, that is, to enter the alleys haphazardly guided by distant visual allocentric cues. In the more deprived group, we expected the rats to use intralabyrinthic egocentric and proprioceptive cues. This strategy should be more effective as rats, when entering systematically the adjacent arm, make less errors.

The results went in the direction of our hypothesis. The more deprived groups in all three strains used a significantly different strategy than the less motivated groups ($F=37.3$, $df=1$, $p<0.0001$). Such a consistent change in strategy to solve the maze could indicate that in a more stressful situation a subject uses the cues that lead to a more effective solution.

Key words: motivation, learning strategies, octagonal maze, working memory; strains of rats.

Introducción

Desde la así llamada “revolución cognitiva” de fines de la década del 50 (1) y comienzos del 60 (8), se implementaron una serie de situaciones experimentales de aprendizaje para animales, que requerían para su solución de memoria o representaciones mnémicas, las que implicaban procesos cognitivos. De esta forma se podían estudiar estos procesos experimentalmente en psicología comparada.

Una de las situaciones de aprendizaje más fructíferas en psicología animal la constituyó el laberinto octogonal de Olton (9). Presenta un problema relativamente sencillo para ratas motivadas por hambre, por cuanto les demanda conseguir alimento en los extremos de cada uno de los 8 brazos. Una vez que el animal ingiere el alimento, el experimentador no vuelve a colocar comida en estos y el animal evita volver al brazo ya visitado. Todo los trabajos relacionados con la actuación de las ratas en esta tarea, señalaban como estrategia de solución entrar en forma aleatoria a cualquier brazo cuando la rata era colocada en la plataforma central del aparato, o cuando volvía al centro después de recorrer un brazo (10, 11). Un error lo constituía el hecho de volver a entrar a un brazo ya visitado y por tanto no conseguir alimento. Al cabo de 6 sesiones, las ratas solo cometían un promedio de entre 0 – 3 errores, demorándose menos de tres minutos en el recorrido de todos los brazos.

Los investigadores interpretaron el éxito logrado por los animales, como un efecto de la utiliza-

ción de representaciones del espacio a través de las claves visuales del ambiente, una forma de memoria de trabajo o “Working Memory” que queda en su memoria a corto plazo mientras ejecutan la tarea. En la literatura encontramos una serie de experimentos que descartan las claves de olor u otras características del laberinto (10, 11) por lo que la interpretación más plausible es la de la memoria de claves visuales allocéntricas. Solamente si se agranda la plataforma o zona central es más probable que las ratas seleccionen los brazos más cercanos del laberinto y vayan entrando en los brazos adyacentes durante las elecciones sucesivas (6, 16). Diversos autores han concluido “que la localización espacial se determina de acuerdo con claves distales del lugar, no con estímulos locales del interior del laberinto” (3).

El resultado obtenido por el rendimiento de una cepa de ratas Grises (AxC), en un aparato que cumplía con todas las medidas standard fue, por decir menos, sorprendente. El análisis de estos reveló una estrategia totalmente diferente, pues estas ratas, en lugar de entrar en forma aleatoria en los distintos brazos se dirigían directamente al brazo adyacente, sea a derecha o izquierda y continuaban entrando a todos los brazos colindantes en forma sistemática (13). El resultado fue óptimo ya que cometieron aun menos errores que las cepas albinas anteriormente utilizadas en nuestros experimentos y demoraron también menos tiempo en recorrer todos los brazos. Las ratas al parecer estarían utilizando claves intralaberínticas en base a información de su orga-

nismo, en otras palabras seguían una estrategia egocéntrica. Se observó que además de una diferencia de cepas existía una diferencia en el grado de motivación; pues mientras se había privado a las cepas albinas al 84% de su peso inicial, las cepas grises (AxC) habían sido privadas al 74-73%.

El objeto del trabajo fue investigar la relación entre tres cepas de roedores, grado de motivación de hambre, calculada a través del porcentaje de pérdida de peso causada por la privación, y el rendimiento en el laberinto de Olton.

Material y método

Sujetos

Los sujetos utilizados fueron machos de 3 cepas de ratas: Albinas, Grises y Hooded* (Cepa, Long Evans)*, de aproximadamente 3 meses de edad. El promedio de los pesos de las ratas albinas, hooded y grises fue 266, 265 y 260 grs. respectivamente, al inicio del experimento. De cada cepa se formaron dos grupos, uno privado al 84% de su peso inicial (Albinas n=7; Grises n=5; Hooded n=6), y otro privado al 75% (Albinas n=6; Grises n=7; Hooded n=6). El diseño experimental puede apreciarse en la tabla 1, en la cual aparece también el número de ratas empleadas.

TABLA 1

Diseño Experimental

MOTIVACION

CEPAS	Deprivación al 84%	Deprivación al 75%
Ratas Albinas	6	7
Ratas Grises	5	7
Ratas Hooded	6	6

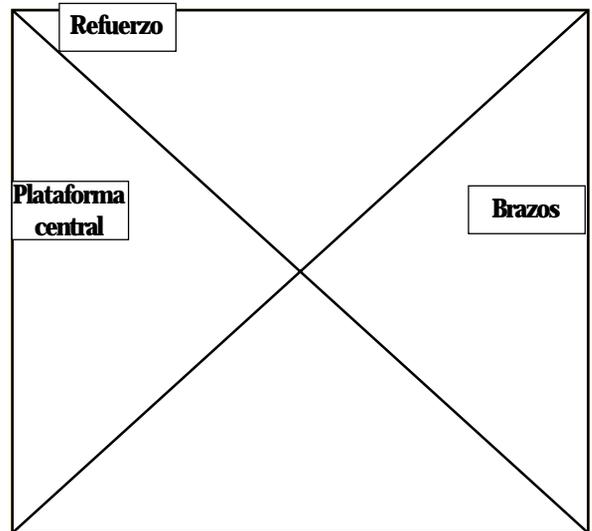
Aparato

Se utilizó para el experimento el laberinto radial de Olton. Es un laberinto elevado (sobre 92 cms del suelo) que presenta en su centro una plata-

forma octogonal de 34 cm. de diámetro, conectada a ocho brazos de igual largo (71 cm.) y ancho (7,5 cm). Cada brazo posee en su extremo distal un depósito circular donde se coloca la comida que queda oculta a la vista de la rata. La sala de experimentación contaba con iluminación artificial y numerosas señales visuales ambientales.

Figura 1

ESQUEMA DEL LABERINTO RADIAL DE OLTON



Procedimiento

Después de privar a los animales se realizaron dos sesiones de adaptación; posteriormente los grupos fueron entrenados en el laberinto de Olton, completándose 12 sesiones, que fueron video grabadas. Se realizaron entrenamientos individuales diariamente. Este consistió en ubicar a la rata en la plataforma central, para que recorriera la secuencia de brazos, obteniendo como recompensa un grano de arroz inflado (Natur). El peso se controló diariamente y solo se entrenó con el peso requerido. Se mantuvo a los animales en el vivero con el ciclo sueño-vigilia invertido durante todo el entrenamiento.

Se contabilizaron los errores (ingresar a un brazo ya visitado), y se evaluó el porcentaje de la Frecuencia de Uso del Brazo Adyacente (F.U.B.A) que expresa el numero de veces que la rata elige el brazo contiguo, en relación al total de brazos visitados en una sesión.

Se da por finalizada la sesión una vez que la rata ha obtenido 8 refuerzos, 16 visitas a los brazos o completando 10 minutos en el laberinto.

Se analizaron los datos en relación al promedio de los errores y F.U.B.A por sesión de cada rata a través del ANOVA de dos vías (p x q), es decir, cepa (3) x motivación (2).

Resultados

El promedio de los valores (errores y F.U.B.A.) para cada rata aparece en las Tablas 2 y 3 respecti-

TABLA 2

Número de errores para cada rata y promedios en las condiciones de 84% y 75% de deprivación, en las tres cepas de ratas : Albinas , Grises y Hooded .

Grupos (Según grado de deprivación)	Deprivación al 84%	Deprivación al 75%	
Ratas Albinas	A1 = 3,75	a1 = 1,2	
	A2 = 4,41	a2 = 1,3	
	A3 = 5,83	a3 = 0,4	
	A4 = 2,33	a4 = 0,6	
	A5 = 2,66	a5 = 1	
	A6 = 2,5	a6 = 0,7	
	X = 3,58	a7 = 2,3	X = 2,32
Ratas Grises	G1 = 1,8	g1 = 0,3	
	G2 = 0,92	g2 = 0,2	
	G3 = 0,8	g3 = 0,3	
	G4 = 1,8	g4 = 0,3	
	G5 = 0,92	g5 = 0,6	
		g6 = 0,2	
	X = 1,2	g7 = 0	X = 0,75
Ratas Hooded	H1 = 2,75	h1 = 3,5	
	H3 = 3,42	h2 = 0,9	
	H4 = 2,92	h3 = 2	
	H5 = 2,75	h4 = 2,2	
	H6 = 3,58	h5 = 1,7	
	X = 3,56	h6 = 2,5	X = 2,85
Promedios totales	X = 2,79	X = 2,13	X = 1,15

Los resultados de los errores se sometieron a la prueba estadística ANOVA de dos vías (p x q) la que arrojó diferencias significativas entre las tres cepas y las dos condiciones de deprivación : Fa= 18,0 (gl = 2; p< .000) , Fb=31,55 (gl = 1; p<.000).

vamente, en cada una de las cuales aparecen los promedios obtenidos por las tres cepas, Albina, Gris y Hooded bajo las dos condiciones de motivación de hambre. Como puede observarse, el ANOVA arrojó diferencias significativas entre las dos condiciones de privación en cada una de las cepas, en relación a los errores cometidos (Tabla 2) $F=31,55$ ($gl=1$; $p<0.0001$) y a los valores de la frecuencia de uso del brazo adyacente o F.U.B.A. $F=37,28$ ($gl=1$; $p<0.0001$), lo que aparece en la Tabla 3.

Se comparó el promedio total de errores por cada cepa. Aunque las ratas Grises cometieron significativamente menos errores que las ratas Albinas ($t=3,09$; $gl=23$; $p<0.005$) y Hooded ($t=5,416$; $gl=22$; $p<0.0001$), en ambas condiciones de privación, esta diferencia no se apreció entre las ratas Hooded y Albinas en ninguna condición de motivación ($t=1,052$; $gl=23$; $p=0,304$) (Figura 2).

TABLA 3

Porcentaje obtenido por cada rata en la frecuencia de uso del brazo adyacente (F.U.B.A.)* y promedio de cada cepa: Albinas, Grises y Hooded, en las dos condiciones (84% y 75%) de privación. .

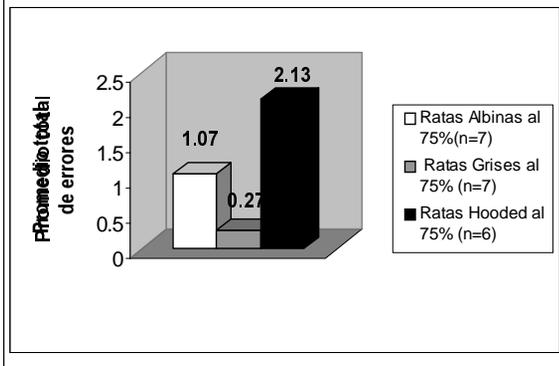
Grupos (Según grado de privación)	Privación al 84%	Privación al 75%	
Ratas Albinas	A1 = 23,6 A2 = 48,4 A3 = 8,7 A4 = 86,8 A5 = 30,9 A6 = 17,5 X = 35,98%	a1 = 78,9 a2 = 75,7 a3 = 47,5 a4 = 89,2 a5 = 79,2 a6 = 85,9 a7 = 94,7 X = 78,73	X = 57,36
Ratas Grises	G1 = 55,1 G2 = 79,4 G3 = 82,9 G4 = 41,1 G5 = 59,2 X = 63,5%	g1 = 98,7 g2 = 98,7 g3 = 96,4 g4 = 97,5 g5 = 95,5 g6 = 96,1 g7 = 94,8 X = 96,8%	X = 80,17
Ratas Hooded	H1 = 8 H3 = 4,3 H4 = 9,6 H5 = 9,4 H6 = 10,4 X = 16,4%	h1 = 44,2 h2 = 88 h3 = 70,5 h4 = 73,4 h5 = 14,3 h6 = 78,7 X = 61,5%	X = 38,97
Promedios totales	X = 38,63	X = 79,01	

Las diferencias entre las cepas fueron significativas tanto con respecto a los errores $F=18$ ($gl=2$; $p<0.00001$), ver Tabla 2, como a los valores de F.U.B.A. ; $F=12,62$ ($gl=2$; $p<0.0001$), ver Tabla 3.

*F.U.B.A. = Frecuencia de uso del brazo adyacente, expresa el porcentaje de veces que la rata elige el brazo contiguo.

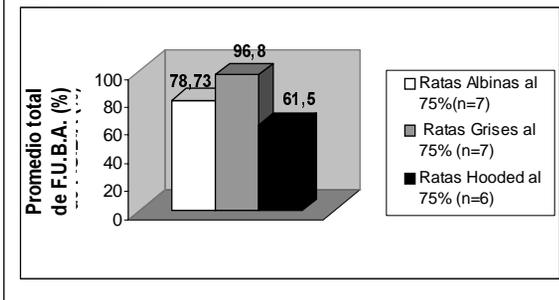
Los resultados de F.U.B.A. se sometieron a un ANOVA de dos vías ($p \times q$) el que arrojó diferencias significativas entre las tres cepas y las dos condiciones de privación: $F_a=12,62$ ($gl=2$; $p<0.0001$) y $F_b=37,28$ ($gl=1$; $p<0.0001$).

Figura 2: Muestra el promedio total de errores obtenido por cada cepa (Albinas, Grises, Hooded) en la condición de privación al 75%.



Se comparó el promedio total (en porcentaje) de la frecuencia de uso del brazo adyacente (F.U.B.A.), en la condición de privación al 75%. En cuanto al uso del brazo adyacente, fueron las ratas Grises las que más utilizaron esta estrategia ($X=63,5\%$ y $96,8\%$) en ambas condiciones de privación, y las Hooded las que menos usaron esta táctica ($X=16,4\%$ y 61%), siendo el resultado de las ratas albinas intermedio ($X=35,9\%$ y $78,7\%$) (Figura 3).

Figura 3: Muestra el promedio total (en porcentaje) de la frecuencia de uso del brazo adyacente (F.U.B.A.), en la condición de privación al 75%.



Esto es semejante a la correlación obtenida entre cada una de las cepas consigo mismas bajo las dos condiciones de privación. Se correlacionó el número de errores cometidos por las tres cepas bajo las dos condiciones de motivación, obteniéndose un Spearman Rho de $s=0.76$ el que resultó significativo (g.e.=15 ; $p<0.01$) lo que en otras palabras significa que cada cepa es consis-

tente en términos generales con su forma de solucionar el problema, en cualquiera de las dos condiciones de motivación.

Las tres cepas disminuyeron significativamente los errores en la condición de mayor privación; las ratas Albinas tuvieron un $t=4,363$ ($gl=11$; $p<0,001$); las ratas Grises tuvieron un $t=4,776$ ($gl=10$; $p<0.0001$) y las ratas Hooded un $t=2,346$ ($gl=10$; $p<0.041$). De igual forma, las tres cepas aumentaron significativamente la frecuencia de uso del brazo adyacente en condiciones de privación mayor: las ratas Albinas obtuvieron un $t=4,363$ ($gl=11$; $p<0.001$) ; las ratas Grises un $t=4,776$ ($gl=10$; $p<0.0001$) y las ratas Hooded un $t=2,346$ ($gl=10$; $p<0.041$).

Al observar y comparar las Figuras 2 y 3, que muestran el promedio total de errores y F.U.B.A de cada cepa, se puede apreciar a simple vista que a menor F.U.B.A. - véanse las ratas Hooded - mayor cantidad de errores y viceversa, que a mayor F.U.B.A. -véanse las ratas Grises- menor cantidad de errores.

Discusión

Los resultados obtenidos podrían interpretarse desde dos perspectivas complementarias; una psicológica y una biológica.

Desde un punto de vista psicológico un primer hallazgo importante fue la comprobación, una vez más, de una ley propuesta hace 90 años. La ley de Yerkes-Dodson (15), así llamada por quienes la investigaron inicialmente, establece que a mayor dificultad de una tarea se requieren niveles más bajos de motivación para lograr una ejecución más eficiente. En otras palabras, el rendimiento en tareas de diferente dificultad será función de la motivación de los sujetos. Así, resulta que para obtener un rendimiento óptimo en tareas fáciles es necesario estar muy motivado. En nuestro caso, sólo se estudió la relación entre rendimiento y motivación en una tarea fácil para la rata, de tal manera que, para que los animales mostraran un rendimiento óptimo fue necesario tenerlos en un grado de motivación mucho mayor de lo que ordinariamente se había empleado.

Los grupos de ratas más deprivadas en las tres cepas usaron una estrategia significativamente diferente, cambiando de claves visuales dístales (estrategia aloécéntrica) por claves propioceptivas kinestésicas (estrategia egocéntrica) lo que les permitió utilizar otras señales que aceleran la ejecución de la tarea.

Por otra parte Broadhurst (2) presenta evidencias que la ley de Yerkes - Dodson es válida en varias especies incluyendo la rata. Eysenck (4) plantea que el neuroticismo involucra una mayor excitabilidad del sistema nervioso autónomo tanto en el hombre como en la rata. A mayor miedo mayor motivación y mayor rapidez en el aprendizaje (5, 14). Desde este punto de vista la mayor excitabilidad de la rata gris favorecería el aprendizaje más rápido.

Desde un punto de vista biológico, el hecho que las ratas aprendan rápidamente esta tarea tiene que ver con la facilidad que tienen los roedores para aprender tareas espaciales y porque demanda el uso de estrategias requeridas por la especie para encontrar comida.

Dado que en el hábitat de un animal, el recurso comida se encuentra disperso, la estrategia "win-shift" (cambiar de lugar) es más apropiada que la "win-stay" (escoger el mismo lugar previamente reforzado). De hecho los estudios etológicos (9) indican que el animal hace primero un rastreo del lugar y luego elige otro sin volver al mismo. La estrategia aloécéntrica seguida en el Olton, aparentemente al azar, significa evitar la redundancia de señales visuales presentes entre brazos contiguos; de hecho, se saltan dos o tres avenidas entre cada elección, lo que requiere mantener la información en su memoria de trabajo varios segundos. Olton (9) destaca que esta gran capacidad cognitiva se da en los roedores en pruebas espaciales y no en aprendizajes de discriminación visual, donde se habían focalizado la mayoría de los trabajos de investigación previos.

Entre las razones que habría que considerar al calificar una tarea de fácil, está por una parte, la complejidad y número de elementos, y por otro lado si demanda o no estrategias que son concordantes

con las habilidades naturales del animal. La cantidad y complejidad de las señales procesadas en este caso no darían lugar a calificarla de fácil, sin embargo, correspondería a una tarea simple para los roedores porque estas especies tienen las estrategias para resolver el problema.

En la ontogenia se van desarrollando diferentes estrategias para identificar señales para ubicar "el lugar", por lo que es lógico suponer que distintos sistemas neurológicos están involucrados. Las claves quinesísticas-vestibulares, propioceptivas-olfatorias serían las usadas en el entorno cercano, luego se agregarían las auditivas y más tarde cuando el espacio de exploración se expande, las visuales aloécéntricas (12). En relación a este punto, podríamos suponer que la deprivación alimenticia al 75% es una situación de estrés extremo lo cual llevaría a la rata a una estrategia más primitiva, como son el uso de claves kinestésicas-propioceptivas, lo cual requiere de un procesamiento menos complejo que la estrategia visual-alocéntrica que exige la participación cortical (7).

Un segundo hallazgo importante de este trabajo, fue comprobar la diferencia entre la cepa, en relación a los errores y estrategias empleadas. Las ratas Grises son significativamente más egocéntricas y cometen menos errores que las Albinas y Hooded. Estas últimas no se diferenciaron entre sí.

Se podrían aventurar algunas explicaciones si relacionamos la cepa con su hábitat. Las ratas Grises provienen de la rata salvaje que habita en el subsuelo, donde las señales visuales son pobres. Las ratas Albinas y Hooded son las cepas más usadas en el laboratorio y se derivan de muchos cruces. La rata Albina presenta claras anomalías en su sistema visual lo que podría explicar su menor rendimiento con respecto a las Grises. Las ratas Hooded, que hoy son las más usadas en estudios psicológicos, tienen mayor capacidad para el análisis y memoria de señales visuales aloécéntricas complejas, y podríamos suponer que entre las tres cepas, estas son las más preparadas para un mejor rendimiento en el medio natural. Por ello, seguirían usando las claves visuales que en este caso resultan menos eficientes que las claves egocéntricas para una solu-

ción más rápida del problema que representa esta situación experimental de aprendizaje.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al proyecto D.I.D S9608/1-2 a T.P., Universidad de Chile. Los autores agradecen además a la Ps. Iris Gallardo, al señor Anibal Martínez y a los alumnos del programa I.C.B.M. Juan Pablo Poblete y Rodrigo Pino por su importante colaboración.

Bibliografía

- 1) **Bartlett, F.C.** (1958). *Thinking*. New York, Basic Books
- 2) **Broadhurst, P.L.** (1957). Emotionality and the Yerkes-Dodson Law. *J. Exp. Psychol.*, 1957, 54, 345-352.
- 3) **Donjan, M. & Burkhard, B.** (1990) *Principios de aprendizaje y de conducta*. Editorial Debate, p.421.
- 4) **Eysenk, H.J.** (1955). A dynamic theory of anxiety and hysteria. *J. Ment. Sci.* 101, 28-51.
- 5) **Hall, C.S.** (1934) Emotional behavior in the rat. 1: Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality. *J. Comp. Psycho.* 18, 385-403.
- 6) **Hulse, S.H., Egeth, H. y Deese, J.** (1982) *Psicología del aprendizaje*. Mc Graw Hill. 300-304.
- 7) **Ledoux, J.E. (1994) Emoción, Memoria y Cerebro**. *Investigación y Ciencia*. p.38-45.
- 8) **Neisser, U.** (1967) *Cognitive Psychology*. New York: Appleton Century Croft.
- 9) **Olton, D.S.** (1978) Characteristics of spatial memory. En S.H. Hulse, H.Fowler, y W.K. Honig (Eds.). *Cognitive Processes in Animal Behavior*. Hillsdale, N.J. Erlbaum.
- 10) **Olton, D.S. y Samuelson, R.J.** (1976) Remembrance of places passed: Spatial memory in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 2, 97-116.
- 11) **Olton, D.S. Collison, C. y Werz, M.A.** (1977). Spatial memory and radial arm maze performance of rats. *Learning and Motivation*, 8, 289-314.
- 12) **Pinto, T., Espinoza, S., Saavedra, M. A.** . Aprendizaje y Memoria Espacial. Aproximación Conductual y Neurológica. XL Reunion Anual de la Sociedad de Biología de Chile. 1997
- 13) **Taylor, J.A.** (1956) Drive theory and manifest anxiety. *Psychol. Bull.*, 53, 303-320.
- 14) **Urzúa, P. C.; Carreño A F; Marchant G F; Pinto H., T. M. A. Saavedra** (1997) Cambio de estrategia en la solución del Laberinto Radial de Olton en ratas con diferente grado de privación alimenticia. *Archivos Sociedad de Biología*, Panel Nº 243, p.179-180.
- 15) **Yerkes, R.M. and Dodson, J.D.** (1908) The relation of strength of stimulus to Rapidity of habit formation. *J. comp. Neurol. Psychol.* 18, 459-482.
- 16) **Yoerg, S. J. y Kamil, A.C.** (1982) Response strategies in the radial arm maze: Running around in circles. *Animal Learning and Behavior*, 10, 530-534