



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE CURVAS DE APRENDIZAJE EN LA LOMBRIZ DE TIERRA (*LUMBRICUS TERRESTRIS*) EMPLEANDO UN PROCEDIMIENTO DE CONDICIONAMIENTO CLÁSICO

Alumna: Marta Aranda Varo

Tutora: Prof^a. D^a. Concepción Paredes Olay
Dpto: Psicología

Julio, 2016

Resumen

Diferentes técnicas y tipos de animales han sido empleados en el estudio del aprendizaje en invertebrados. Por ejemplo, varios autores (Ratner y Miller, 1959; Watanabe, Takaya, Ogawa, Kitamura y Oka, 2005) han llevado a cabo el condicionamiento clásico en lombrices utilizando una vibración como estímulo condicionado (EC) y una luz brillante como estímulo incondicionado (EI).

Sin embargo, se observan algunas diferencias paramétricas entre los procedimientos que se emplearon (intensidad del estímulo, intervalo entre ensayos, etc.). Esto podría suponer un problema a la hora de generalizar resultados, así que sería interesante estandarizar técnicas de comportamiento en este campo.

Con el fin de contribuir a este objetivo, intentamos, basándonos en el procedimiento de condicionamiento clásico en la lombriz de tierra de Reyes-Jiménez, Abad y Paredes-Olay (2015), trazar la curva de aprendizaje a lo largo de diferentes fases de entrenamiento y prueba. En estos experimentos manipulamos la intensidad de la vibración (EC). Sin embargo, los resultados fueron diferentes a los esperados. Estos resultados se han interpretado en términos de interferencias de procesos básicos como la habituación o efectos de la sobreexposición.

Palabras clave: Lombriz de tierra, invertebrados, psicología, aprendizaje, condicionamiento clásico.

Índice general

Introducción	1
Antecedentes de estudios en la lombriz de tierra	2
Objetivos	4
Experimento 1: Curva de aprendizaje con vibración en potencia 2.	5
Método	5
Resultados	8
Discusión	10
Experimento 2: Curva de aprendizaje con vibración en potencia 1.	11
Método	11
Resultados	12
Discusión	13
Discusión general	14
Bibliografía	16

Introducción

La perspectiva evolucionista de la Psicología Comparada defiende la generalidad de los procesos de aprendizaje en los seres vivos, al constatar empíricamente la existencia de estos procesos en distintas especies animales. Por lo tanto considera una opción válida el estudio del aprendizaje humano a través de seres vivos con sistemas más simples. Principalmente estos estudios se han centrado en animales vertebrados (como palomas y ratas) generando una gran cantidad de investigaciones que intentan esclarecer los factores que determinan la asociación entre estímulos en el aprendizaje (véase Pearce y Bouton, 2001, para una revisión de las principales teorías del aprendizaje).

No obstante, el interés en el estudio de los procesos de aprendizaje en animales con sistemas aún más simples, los invertebrados, ha arrojado luz sobre muchos aspectos, encontrándose multitud de estudios, la mayoría centrados en una vertiente fisiológica (por ejemplo, Burrell y Sahley, 2001, estudiaron las bases fisiológicas del aprendizaje y la memoria), dejando el enfoque comportamental, y por ende inherente a la psicología, a un lado. Por ejemplo, tenemos el caso del nematodo *Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*) mayormente empleado en el estudio de la anatomía del sistema nervioso, debido a que el suyo consta tan sólo de 302 células, o empleado en estudios genéticos, siendo también un excelente modelo para el estudio de la memoria y el aprendizaje. Resultados de estudios de aprendizaje no asociativo con un estímulo vibratorio muestran que *C. elegans* es capaz de mostrar habituación a corto plazo, deshabituación y sensibilización, así como la retención a largo plazo de los ejercicios de habituación de una duración de al menos 24 horas; también se ha encontrado que *C. elegans* es capaz de presentar aprendizaje asociativo entre un estímulo olfatorio y un estímulo aversivo (Rankin, Beck y Chiba, 1990; Rankin, 2004).

El estudio de los invertebrados también nos puede ayudar a responder cuestiones como: ¿cuándo apareció por primera vez el aprendizaje en el reino animal? ¿Es posible seguir el rastro de un tipo específico de aprendizaje a lo largo de la evolución? ¿Aprenden los vertebrados y los invertebrados las mismas cosas y de la misma manera?

Así pues, centrándonos en esta última pregunta, podemos entender el estudio del aprendizaje en invertebrados como el resultado de la curiosidad de entender y explorar hasta qué punto se encuentran estos procesos de aprendizaje en organismos simples. El sistema nervioso de los in-

vertebrados, forjado a través de años de evolución, proporciona una oportunidad excelente para revelar el funcionamiento del cerebro y del comportamiento humano en una de sus formas más simples. En ello reside el interés en estudiar a los invertebrados (Abramson, 1994).

El presente trabajo se enmarca en el estudio sistemático de fenómenos asociativos de aprendizaje mediante condicionamiento clásico en un invertebrado anélido, la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*), en concreto trataremos de establecer la curva de aprendizaje con un procedimiento de adquisición simple del condicionamiento clásico.

Este anélido habita bajo tierra en el suelo húmedo, donde excava túneles y renueva el oxígeno del suelo, jugando un papel importante en la formación del manto vegetal. Su sistema nervioso central consiste en un par de ganglios suprafaríngeos, generalmente llamados cerebro, y un cordón ventral que pasa debajo del canal alimentario con ganglios en cada segmento. Las lombrices de tierra carecen de órganos sensoriales aparte de los del tacto. No obstante, cuentan con un órgano sensible a la luz, el prostomio, situado en el primer segmento de la parte anterior del cuerpo, que avisa de la presencia de los rayos U.V. y les permite huir en dirección contraria a la luz. También son capaces de detectar estímulos olfativos.

Antecedentes de estudios en la lombriz de tierra

En 1881, Darwin publicó *La formación del manto vegetal por la acción de las lombrices*, siendo el primer autor interesado en describir la anatomía, los hábitos y los comportamientos de la lombriz. Tras observar cómo colocaban las hojas para tapar la madriguera en función de la forma de las mismas, Darwin les atribuyó cierta inteligencia y capacidad de atención.

El primer trabajo experimental sobre el aprendizaje de la lombriz de tierra se le atribuye a Yerkes (1912). Investigó la habilidad de la lombriz de tierra de adquirir hábitos y aprender a seguir el camino seguro (oscuro y húmedo) dentro de un laberinto en forma de T, evitando el lado que tenía un papel de lija en el suelo antes de entrar en contacto con el estímulo aversivo para el animal (descarga eléctrica o solución salina). El estudio revela que la lombriz (el autor solo hace referencia a una lombriz) era capaz de aprender esta discriminación espacial, sin embargo, obtuvo una firme crítica de manos de Rosenkoetter y Boice (1975), al demostrar que los resultados del experimento de Yerkes se debían a la acción de las feromonas y no al aprendizaje.

No obstante, Ratner y Miller (1959) demostraron que la lombriz de tierra era capaz de aprender condicionamientos simples. El objetivo de este estudio fue investigar la facilidad con que las lombrices de tierra (*Lumbricus terrestris*) desarrollaban respuestas condicionadas de miedo ante la presencia de un EI aversivo. Para ello, emplearon una vibración como estímulo condicionado y una luz brillante como estímulo incondicionado. Con un total de 32 sujetos repartidos en cuatro grupos (experimental y tres grupos de control) y realizando 100 ensayos de condicionamiento, demostraron que el grupo experimental incrementaba la cantidad de respuestas de retracción, diferenciándose significativamente de los grupos de control.

Abramson y Buckbee (1995), en un pseudo-condicionamiento con *Lumbricus terrestris*, emplearon como estímulos olores, tanto para el EC como el EI. Concretamente, el olor utilizado como EC era olor a aceite de rosas mientras para el EI se empleó olor a n-Butanol (similar a un disolvente), el cual es aversivo para el animal. En principio parecía un procedimiento efectivo, pero demostraron que la ejecución de los sujetos se debía a un proceso de sensibilización a medida que aumentaba la exposición al EI.

Demostrando que las lombrices de tierra pueden utilizarse también como modelo de estudio de las bases fisiológicas del aprendizaje y la memoria, Watanabe, Takaya, Ogawa, Kitamura y Oka (2005) llevaron a cabo sus experimentos utilizando una vibración débil como EC y una luz como EI, buscando estudiar el efecto de la síntesis del mRNA en la consolidación de la memoria a largo plazo. Estos autores incrementaban gradualmente el número de emparejamientos EC-EI, intercalándolos con fases de prueba y manipulaban los intervalos entre ensayos, mostrando que sólo el grupo de lombrices entrenado con un intervalo entre ensayos de 68 segundos exhibían una retención en la memoria de al menos 24 horas, y esta podía verse alterada por la inhibición del mRNA.

Recientemente, Wilson, Ferrara, Blaker y Giddins (2014) demostraron la capacidad de las lombrices para escapar de una luz (EI) al aprender que venía anunciada por una vibración (EC).

Reyes-Jiménez, Abad y Paredes-Olay (2015) reprodujeron exitosamente la adquisición del condicionamiento pavloviano en lombrices (*Eisenia foetida*), empleando como EC un olor o una vibración y como EI una luz brillante, descartando explicaciones en términos de habituación, sensibilización o pseudo-condicionamiento gracias a los diversos grupos de control empleados.

Tras la revisión de los distintos estímulos y aparatos empleados a lo largo de las investigaciones con la lombriz de tierra, observamos que se han utilizado elementos muy diversos, desde laberintos en forma de T, pasando por estímulos incondicionados tales como descargas eléctricas, soluciones salinas, luz brillante, olores como el n-Butanol, y estímulos condicionados como papel de lija y mayoritariamente, vibración u olores. Este estudio trata de contribuir a la unificación y estandarización de estos factores, partiendo del procedimiento utilizado en el laboratorio de la Universidad de Jaén (Reyes-Jiménez *et al.*, 2015).

Objetivos

Continuando los estudios llevados a cabo en la Universidad de Jaén por Reyes-Jiménez *et al.* (2015) y con el objetivo de ajustar parámetros relativos al estudio sistemático de los procesos asociativos del condicionamiento clásico en la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*), se plantean estos dos experimentos consistentes en establecer una curva de aprendizaje. Para ello, basándonos en procedimientos de condicionamiento similares a los empleados en estudios anteriores (Ratner y Miller, 1959; Watanabe *et al.*, 2005) se ha utilizado como estímulo incondicionado una luz brillante y como estímulo condicionado la vibración, con intensidades distintas en cada experimento.

Con el establecimiento de las curvas de aprendizaje tratamos de homogeneizar y estandarizar factores paramétricos como por ejemplo el número de ensayos necesarios para que se produzca el aprendizaje, el intervalo entre ensayos o el efecto de la intensidad del estímulo condicionado (EC) a la hora de establecer los procesos asociativos del condicionamiento clásico. En este trabajo, nos centramos en esta última variable, la intensidad del EC. Sería interesante estandarizar técnicas de comportamiento con el fin de poder generalizar resultados en este campo de la psicología.

Experimento 1: Curva de aprendizaje con vibración en potencia 2.

El objetivo de este experimento fue establecer una curva de aprendizaje empleando como EC una vibración en potencia 2 (la potencia se refiere a la intensidad de la vibración que puede proporcionar el aparato empleado en el condicionamiento descrito en *Aparatos*, más adelante) y como EI una luz brillante. Se intercalaron diversas fases de prueba y de entrenamiento.

Método

Sujetos: En este experimento se emplearon 24 lombrices (*Lumbricus terrestris*) sexualmente maduras. Las lombrices se encontraban en maceteros rectangulares (de 30x70 cm, aproximadamente), situados en una sala cuya temperatura oscila siempre entre los 20-23°C. Estos maceteros constan de una capa inferior de piedra, para un correcto drenaje y una capa superior de 40-50 cm de tierra. Los maceteros eran regados con frecuencia para mantener un nivel de humedad en torno al 80 %. Como alimento se les proporcionaban residuos vegetales que eran enterrados en los maceteros para propiciar su descomposición. Cada lombriz era retirada del macetero en el momento de comenzar el experimento y era limpiada con agua destilada. Cuando terminaba el experimento la lombriz era alojada en otro macetero distinto.

Aparatos: Los sujetos se colocaron sobre bandejas alimentarias de poliestireno de 20x12x2 cm, cuyo fondo se cubría con papel rugoso humedecido con un pulverizador para evitar la deshidratación de las lombrices durante los ensayos. Estas bandejas se depositaban, y se fijaban con cinta adhesiva para evitar movimiento extra, en una plataforma de madera de 30x40 cm con un motor estándar de 12 v de corriente continua con escobillas, 15 w y un máximo de 2000 rpm (revoluciones por minuto) al que se le había incorporado una masa excéntrica de 10 gramos. Un mando situado en la parte frontal de la plataforma permitía graduar la intensidad de la vibración (tres potencias o niveles, siendo 1 la menor y 3 la mayor).

La vibración producida se empleaba como EC. Como estímulo aversivo (EI) se empleó un flexo que emitía una luz blanca de 4,8 v de potencia y 1660 lúmenes, colocada aproximadamente

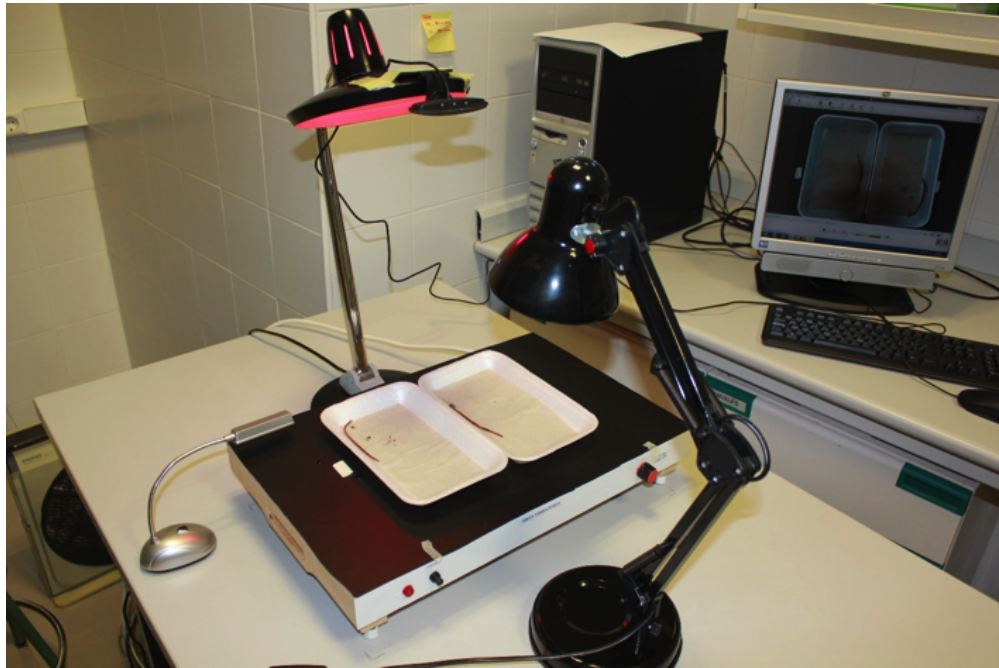


Figura 1: Aparatos empleados para la experimentación en el laboratorio.

a 24 centímetros de altura, que provocaba la respuesta de retracción en los sujetos. Una lámpara con bombilla de 25 v que emite luz roja de 10 lúmenes (no percibida por los sujetos) permitía la visibilidad de los experimentadores en la sala. La actividad era registrada en las fases de prueba en un ordenador mediante una cámara de vídeo, utilizando el programa *Debut Video Capture* (demo gratuita). En la figura 1 se pueden observar los elementos empleados en el laboratorio.

Procedimiento: Los 24 sujetos fueron asignados aleatoriamente a los dos grupos de trabajo, el Experimental y el Control. Se utilizó como EC la vibración en potencia 2 y la luz blanca como EI. El experimento se llevó a cabo a lo largo de dos semanas, en un total de 12 sesiones. En cada sesión, con una duración de 93 minutos, se trabajaba con dos sujetos del mismo grupo experimental a la vez, observados por dos experimentadores.

El experimento comenzaba con la extracción de sujetos de los maceteros, rociándolos con agua destilada para su limpieza, facilitando la visibilidad de los sujetos tanto en la observación directa como en la grabación. La manipulación de los sujetos se llevaba a cabo con guantes de látex para evitar posibles variables extrañas. Una vez limpios, se colocaban en la bandeja durante un período de aclimatación de 5 minutos. A continuación tenía lugar la Prueba 0, que constaba de tres ensayos de exposición al EC para obtener una línea base. En cada ensayo se presentaba el EC durante 8

segundos con un intervalo entre ensayos de 60 segundos, seguido de un período de espera de 5 minutos. Esta fase era idéntica para los dos grupos, Experimental y Control.

Posteriormente comenzaban los ciclos de condicionamiento, a lo largo de los cuales se alternaban las fases de entrenamiento y de prueba, tomando como referencia el procedimiento de Watanabe *et al.* (2005). En el grupo Experimental, la fase de entrenamiento 1 consistía en 10 ensayos de 1 minuto de duración cada uno, en los que se presentaba el EC durante los primeros 8 segundos, seguido del EI luz que se solapaba con el EC en los 3 últimos segundos, en un condicionamiento de demora. Pasados los 8 segundos ambos estímulos se suprimían al mismo tiempo. Por tanto, el intervalo entre estímulos era de 57 segundos. Tras 2 minutos de espera se realizaba la Prueba 1 que constaba de 3 presentaciones del EC en solitario con un intervalo entre ensayos de 60 segundos. A continuación se dejaban transcurrir cinco minutos antes de comenzar el siguiente ciclo entrenamiento–prueba. Este ciclo entrenamiento – espera – prueba – espera se repitió en cuatro ocasiones, finalizando con la Prueba 4. Véase la figura 2, en donde se muestra el esquema del condicionamiento de forma más gráfica.

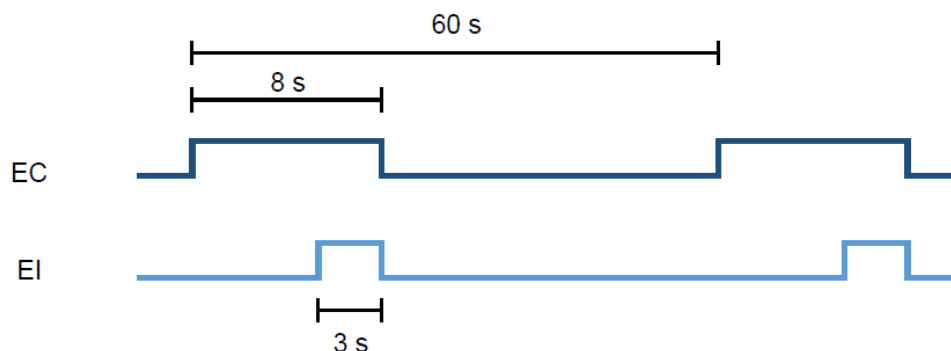


Figura 2: Esquema ilustrativo de la fase de entrenamiento del grupo experimental, en la cual se presenta el EC y el EI en condicionamiento de demora.

En el grupo Control la fase de entrenamiento consistía en 20 ensayos con intervalo entre ensayos de 30 segundos, en los que siguiendo el método propuesto por Abramson y Buckbee (1995), se presentaban individualmente y en secuencia pseudoaleatoria (en la cual no se repite más de dos veces seguidas el mismo estímulo) 10 estímulos de luz y 10 de vibración. Tras 2 minutos de espera comenzaba la fase de prueba 1 (con 3 ensayos donde se presentaba el EC) dejando 5 minutos de espera después. El diseño esquematizado, similar al del grupo Experimental, sería: ensayos de

Grupo	Prueba 0	Entrenamiento 1	Prueba 1
Experimental	(3) Vibración ₂	(10) Vibración ₂ - Luz	(3) Vibración ₂
Control	(3) Vibración ₂	(10) Luz / (10) Vibración ₂	(3) Vibración ₂

Tabla 1: Esquema del diseño del experimento 1. Los ensayos repiten el ciclo de entrenamiento-prueba hasta finalizar con la fase de Prueba 4.

entrenamiento – espera de 2 minutos – prueba (con 3 ensayos donde se presenta el EC) – espera de 5 minutos. El ciclo de “entrenamiento – espera de 2 minutos – prueba – espera de 5 minutos” se repite en 4 ocasiones, finalizando con el Prueba 4. El inicio del experimento con las fases de prueba y entrenamiento queda expuesto en la tabla 1, donde podemos ver un esquema resumen del diseño utilizado.

Variables dependientes y análisis de datos: Como variable dependiente se registraba la respuesta de retracción de los segmentos anteriores del cuerpo de la lombriz (igual o superior a 0.5 mm). Esta respuesta era anotada siempre que ocurriera durante el período transcurrido desde el comienzo de la presentación del EI hasta los 3 segundos posteriores a la finalización del mismo. Los propios experimentadores tomaban nota de las respuestas en su hoja de registro. Además las sesiones de prueba se grababan para su posterior análisis. Dicho análisis era realizado por un experimentador ciego (no sabía a qué grupo pertenecían las lombrices), que elaboraba su propio registro. Los datos del experimentador ciego fueron los que se utilizaron en los análisis estadísticos.

Los datos se analizaron empleando un análisis de varianza de medidas repetidas, que contaba con la variable grupo (Experimental vs. Control) y con la variable intra-grupo (prueba) estableciendo un criterio de rechazo de $p < .05$.

Resultados

Los resultados de este experimento no mostraron el incremento de la respuesta esperado en el grupo experimental, basándonos en los resultados encontrados por Watanabe *et al.* (2005). La figura 3 presenta en el eje X las fases de prueba del experimento y en el eje Y el promedio de respuesta

de los sujetos. En la gráfica también observamos las barras que representan el error estándar de la media (*Standard Error of the Mean, SEM*). Se observa una tendencia descendente en la respuesta de los dos grupos a lo largo de las fases de prueba. La gráfica sugiere diferencias entre ambos grupos, pero el análisis de datos empleado, ANOVA, revela que no hay diferencias significativas en las pruebas de los efectos inter-sujetos entre el grupo control y el experimental, siendo $F_{(1,22)} = 3.845$ y $p > .05$. Los datos de la prueba de efectos intra-sujetos son $F_{(4,88)} = 4.274$ y $p < .05$, mostrando efecto de la prueba, es decir, se observa un descenso en la respuesta condicionada de los sujetos ante la exposición al condicionamiento en ambos grupos. La interacción grupo por prueba no fue significativa, $F < 1$.

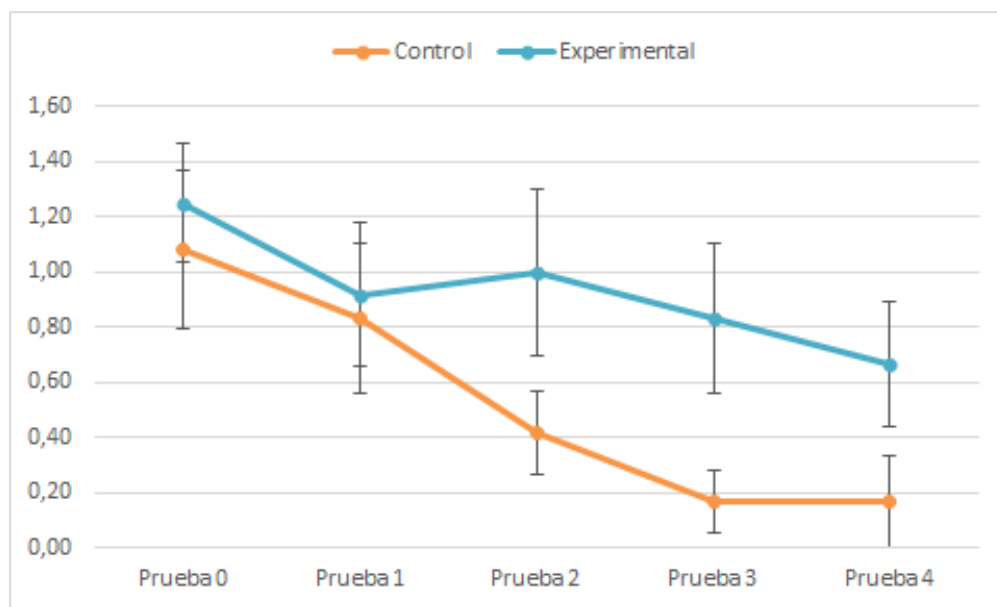


Figura 3: Gráfica con los resultados del experimento 1.

Pese a que no hay diferencias significativas entre los grupos, con un fin meramente exploratorio y dado el escaso número de sujetos empleados, se utilizó una prueba T para la igualdad de medias con un intervalo de confianza del 95 %. Esta prueba reveló en la fase de prueba 3 la existencia de diferencias significativas entre el grupo Experimental y el Control, siendo $p < .05$.

Discusión

Los resultados del experimento revelan que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de control y el grupo experimental. Se esperaba encontrar un incremento en el número de respuestas en el grupo experimental con el transcurso de los ensayos, y una tendencia de disminución de respuesta en el grupo control. Sin embargo, encontramos una disminución en el número de respuestas en los dos grupos. Pese a que, como se aprecia en la figura 3, el grupo experimental disminuye en menor medida su respuesta, no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos. No obstante, se encuentra un efecto de la prueba (efecto intra-sujetos), por lo que se tendrá que ahondar más en las variables que puedan determinar estos resultados. La prueba T si encuentra diferencias significativas entre ambos grupos, pero solo en la fase de prueba 3. No obstante, no podemos hablar de condicionamiento puesto que la interacción grupo por prueba no ha sido significativa.

Estos resultados no muestran el efecto de condicionamiento encontrado por otros autores (Ratner y Miller, 1959; Reyes-Jiménez *et al.*, 2015; Watanabe *et al.*, 2005) que reprodujeron exitosamente dicho efecto empleando una vibración y una luz, como EC y EI, respectivamente. Un factor que puede haber afectado a este resultado es la intensidad del EC empleado. Podríamos encontrarnos ante un efecto techo. Es posible que la vibración por sí sola produzca una respuesta incondicionada tan elevada (recordemos que en las pruebas sólo se presenta el EC en tres ocasiones) que no permita detectar un efecto del condicionamiento tras los entrenamientos posteriores, aunque aparezca débilmente en la prueba 3. De hecho, si comparamos el nivel de respuesta de nuestros sujetos en la prueba 0 con el de los sujetos empleados por Watanabe *et al.* (2005) podemos observar que la media de respuesta de nuestros grupos en la prueba 0 es de 1,20 respuestas, aproximadamente, frente a las 0,5 respuestas de los grupos de estos autores. Por esta razón, decidimos repetir el experimento utilizando un EC menos intenso.

Experimento 2: Curva de aprendizaje con vibración en potencia 1.

El objetivo de este experimento fue establecer una curva de aprendizaje empleando como EC una vibración en potencia 1 y como EI una luz brillante. Continuando con el estudio paramétrico del condicionamiento clásico en invertebrados y, dados los resultados del experimento anterior, en este experimento disminuimos la intensidad del estímulo condicionado empleado en el experimento 1.

Método

Sujetos: Para este experimento se emplearon 20 lombrices (*Lumbricus terrestris*) sexualmente maduras, expuestas a las mismas condiciones ambientales que las del experimento anterior.

Aparatos: Los materiales necesarios para llevar a cabo este experimento fueron los mismos que los descritos en el experimento 1.

Procedimiento: Los 20 sujetos fueron asignados aleatoriamente a los dos grupos de trabajo, el Experimental y el Control. La diferencia con el experimento anterior es que se empleó como EC la vibración en potencia 1, disminuyendo la intensidad de las revoluciones por minuto del motor, manteniendo la luz blanca como EI. El experimento se llevó a cabo a lo largo de dos semanas, en un total de 10 sesiones. Al igual que en el experimento anterior, en cada sesión, con una duración de 93 minutos, se trabajaba con dos sujetos del mismo grupo experimental a la vez. El diseño y las condiciones del experimento 2 fueron exactamente las mismas que las del experimento 1 (como puede observarse en la tabla 2), salvo por la potencia del EC vibración que disminuye, manteniendo el ciclo de entrenamiento – espera – prueba – espera que se repite en 4 ocasiones, finalizando con la Prueba 4.

Variables dependientes y análisis de datos: La variable dependiente y el análisis de los datos son similares a los descritos en el experimento 1.

Grupo	Prueba 0	Entrenamiento 1	Prueba 1
Experimental	(3) Vibración ₁	(10) Vibración ₁ - Luz	(3) Vibración ₁
Control	(3) Vibración ₁	(10) Luz / (10) Vibración ₁	(3) Vibración ₁

Tabla 2: Esquema del diseño del experimento 2. Los ensayos repiten el ciclo de entrenamiento-prueba hasta finalizar con la fase de Prueba 4.

Resultados

Los resultados de este experimento no mostraron el efecto esperado en el grupo Experimental. La figura 4 presenta en el eje X las fases de prueba del experimento y en el eje Y el promedio de respuesta de los sujetos. En la gráfica también observamos las barras que representan el error estándar de la media (*Standard Error of the Mean, SEM*). Se observa una tendencia descendente en los dos grupos.

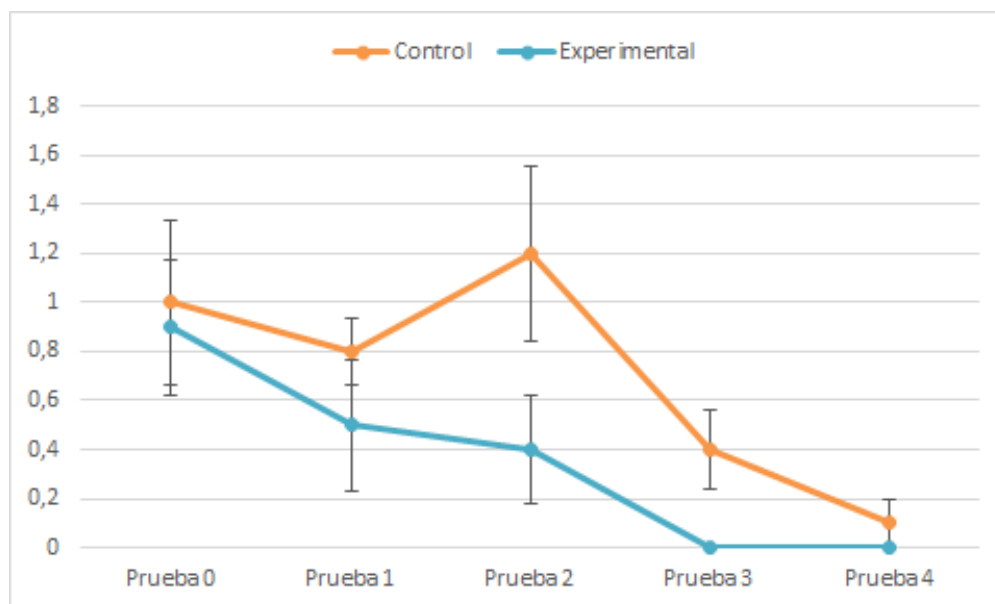


Figura 4: Resultados del experimento 2.

La gráfica sugiere en algunas fases diferencias entre ambos grupos, pero el análisis de datos empleado, ANOVA, revela que no hay diferencias significativas en las pruebas de los efectos inter-sujetos entre el grupo Control y el Experimental, siendo $F_{(1,18)} = 3.418$ y $p > .05$. Los datos de la prueba de efectos intra-sujetos son $F_{(4,72)} = 7.465$ y $p < .05$, mostrando efecto de la prueba, es

decir, se observa un cambio en los sujetos ante la exposición al condicionamiento. La interacción grupo por prueba no fue significativa, $F < 1$.

Al igual que en el experimento 1, pese a que no hay diferencias significativas entre ambos grupos, con un fin meramente exploratorio y dado el escaso número de sujetos empleados en el experimento, se utilizó una prueba T para la igualdad de medias con un intervalo de confianza del 95 %. No se encontraron diferencias significativas en ninguna de las fases de prueba.

Discusión

Los resultados del experimento revelan que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo Control y el grupo Experimental. Al igual que en el experimento 1, se esperaba encontrar una tendencia de subida en el número de respuestas en el grupo Experimental con el transcurso de los ensayos, y una tendencia de disminución de respuesta en el grupo Control. Sin embargo, encontramos una disminución en el número de respuestas en los dos grupos a medida que se avanza en los ensayos. Contrariamente a lo encontrado en el experimento 1, como puede observarse en la figura 4, el grupo experimental tiene una tasa inferior de respuesta al condicionamiento que el grupo control, no encontrándose de todas formas diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos. Al igual que en el experimento 1, se encuentra un efecto de la prueba (efecto intra-sujetos), esto es una disminución gradual en el número de respuestas a lo largo de las distintas fases de prueba.

Estos resultados son similares a los del experimento anterior y creemos que, en este caso, podemos descartar un efecto techo ya que la media de los dos grupos en la prueba 0 es de 0,9 respuestas aproximadamente. A pesar de ello no se encontró el incremento gradual en las respuestas condicionadas del grupo experimental que esperábamos hallar en función de los datos proporcionados por otros autores. Por tanto se hace necesario explorar otro tipo de variables tal como planteamos en la discusión general posterior.

Discusión general

Como hemos señalado en la introducción, el estudio del aprendizaje en invertebrados nos puede ayudar a responder a interesantes cuestiones sobre el origen y la evolución del aprendizaje asociativo en el mundo animal. De hecho, el estudio del aprendizaje asociativo en invertebrados ha sido abordado con diferentes especies y procedimientos (Abramson, 1994) lo que nos permite recopilar una gran cantidad de resultados. Sin embargo, estos han sido obtenidos con diferentes procedimientos, estímulos y aparatos lo que dificulta la generalización de los resultados y la evaluación sistemática de los distintos fenómenos asociativos en determinadas especies de invertebrados.

El presente trabajo se enmarca en el estudio sistemático de fenómenos asociativos de aprendizaje mediante condicionamiento clásico en un invertebrado anélido, la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*). El objetivo general de estos experimentos fue establecer la curva de aprendizaje de un condicionamiento clásico en lombrices de tierra (*Lumbricus terrestris*) empleando una vibración como EC y una luz intensa como EI, con la finalidad de ajustar y delimitar los parámetros utilizados en los estudios llevados a cabo en esta universidad por Reyes-Jiménez *et al.* (2015). Los estímulos empleados en el primer experimento fueron los mismos que los empleados por estos autores. Sin embargo modificamos el procedimiento basándonos en los estudios de Watanabe *et al.* (2005), intercalando fases de prueba con fases de condicionamiento, con el objetivo de registrar la evolución del condicionamiento.

No obstante los resultados no fueron los esperados, puesto que en lugar de observar un incremento progresivo en el número de respuestas condicionadas durante la prueba en el grupo experimental; lo que observamos fue el efecto contrario, una disminución gradual en las respuestas condicionadas en ambos grupos, a medida que avanzaban las fases de entrenamiento y prueba (véase resultados del experimento 1). Aunque en principio atribuimos este resultado a un posible efecto techo producido por la intensidad del EC, este factor quedó descartado con en el experimento 2. En este segundo experimento, se redujo la intensidad del EC pero el patrón de resultados encontrados fue similar al del experimento 1, una disminución progresiva del número de respuestas condicionadas en ambos grupos (véase resultados del experimento 2).

Otras variables que podrían haber contribuido a estos resultados no han sido exploradas aún. Por ejemplo, la prueba (con sólo tres exposiciones del EC para evitar un efecto de extinción) puede

haber sido demasiado corta para mostrar un posible condicionamiento. O es posible que este no se haya producido porque las fases de entrenamiento hayan resultado demasiado breves (diez ensayos frente a los veinte empleados por otros autores).

En todo caso el hecho de que tanto en el experimento 1 como en el 2 no se encuentren diferencias significativas entre el grupo Experimental y el Control, pero sí un efecto de la prueba en ambos grupos, podría explicarse en términos de un fenómeno no asociativo, el efecto de habituación. Es posible que el diseño y los parámetros empleados en estos experimentos favorezcan un efecto de habituación a los estímulos, esto es, la exposición repetida a los estímulos provoca que los sujetos dejen de responder ante ellos.

De hecho, Gilpin y Ratner (1978) encontraron una generalización de la habituación entre estímulos de modalidades similares a los utilizados en este trabajo. Estos autores utilizaron un procedimiento en el que alternaban la habituación a una luz con la habituación a una vibración (luz-vibración-luz) o viceversa. Los resultados de este experimento mostraron que la presentación previa a un estímulo reduce la respuesta del otro estímulo en juego, independientemente del tipo de estimulación (presentándose generalización de los estímulos), aunque la retención de la habituación varió en función del orden de presentación de los estímulos (fue mayor en la condición vibración-luz-vibración). Así mismo Glanville, Gilpin y Ratner (1979), también hallaron un efecto de generalización de la habituación con otras modalidades estimulares, luz y soplo de aire.

En conclusión cabe la posibilidad de que, a pesar de haber emparejado en el grupo experimental explícitamente la vibración y la luz, con el fin de establecer un condicionamiento entre ambos estímulos; los parámetros empleados en esta investigación hayan favorecido la aparición de un efecto de habituación en lugar del efecto de condicionamiento esperado. En todo caso, estos datos ponen de manifiesto la necesidad de seguir explorando y acotando las condiciones en las que se da el aprendizaje asociativo en la lombriz de tierra con el fin de realizar un estudio sistemático del mismo.

Bibliografía

Abramson, C. I. (1994). A primer of invertebrate learning: The behavioral perspective. *Washington, DC. American Psychological Association.*

Abramson, Ch.I. y Buckbee, D.A. (1995). Pseudoconditioning in Earthworms (*Lumbricus terrestris*): Support for nonassociative explanations of classical conditioning phenomena through an olfactory paradigm. *Journal of Comparative Psychology*, 109(4), 390-397.

Burrell, B.D. y Sahley C. L. (2001). Learning in simple systems. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(6), 757-764.

Darwin, Ch. (2010/1881). La formación del manto vegetal por la acción de las lombrices. Oviedo, España: KRK ediciones.

Gilpin, A.R. y Ratner, S.C. (1978). Intermodal stimulus generalization and retention of habituation in earthworms. *Psychological reports*, 42(3), 683-690.

Glanville, B.B., Gilpin, A.R. y Ratner, S.C. (1979). Effects of interpolated stimulation on retention of habituation in the earthworm. *The Journal of General Psychology*, 100(2), 287-294.

Pearce, J. M. y Bouton, M. E. (2001). Theories of associative learning in animals. *Annual Review of Psychology*, 52, 111-139.

Rankin, C.H. (2004). Invertebrate learning: What can't a worm learn? *Current Biology*, 14, R617-R618. DOI: 10.1016/j.cub.2004.07.044.

Rankin, C.H., Beck, Ch.D.O. y Chiba, C.M. (1990). *Caenorhabditis elegans*: a new model system for the study of learning and memory. *Behavioural Brain Research*, 37, 89-92.

Ratner, S. C., & Miller, K. R. (1959). Classical conditioning in earthworms, *Lumbricus terrestris*. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 52(1), 102-105.

Reyes Jiménez, D.; Abad, M.J.F. y Paredes-Olay (2015). Preliminary studies of classical conditioning in earthworms (*Eisenia foetida*). XVII Congreso Internacional de la Sociedad Española de

Psicología Comparada, Sevilla, 9-11 de septiembre.

Rosenkoetter, J. S.; Boice, R. (1975). Earthworm pheromones and T-maze performance. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, Vol 88(2), 904-910.

Watanabe H., Takaya T., Ogawa H., Kitamura Y., Oka K. (2005). Influence of mRNA and protein synthesis inhibitors on the long-term memory acquisition of classically conditioned earthworms. *Neurobiology of Learning and Memory* 83; 151-157.

Wilson, W.J., Ferrara, N.C., Blaker, A.L. y Giddins, C.E. (2014). Escape and avoidance learning in the earthworm *Eisenia hortensis*. *PeerJ*, 2, e250.

Yerkes, R.M. (1912). The intelligence of earthworms. *Journal of Animal Behavior*, 2, 332-352.