



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
Facultad de Psicología

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



FACULTAD DE PSICOLOGÍA



Trabajo Fin de Grado en Psicología

Convocatoria Junio 2018

**Análisis del efecto del intervalo entre estímulos y del cambio de
contexto sobre la habituación en la lombriz de tierra**

(Eisenia foetida)

***Analysis of the interval's effect between stimulus and the change of
the context on the habituation in the earthworm***

(Eisenia Foetida)

Alumna: Raquel Hernández Martínez

Tutor: Roberto Álvarez Gómez

RESUMEN

Este trabajo consiste en una investigación sobre el comportamiento de una especie de invertebrado, en concreto de la lombriz de tierra, también conocida como *eisenia foetida*.

En el primer experimento se comparan los efectos de dos intervalos interestimulares sobre la respuesta de habituación a un estímulo luminoso sobre la lombriz, los cuales constan de 30 y 60 segundos, respectivamente. Los resultados indican que el intervalo más corto produce una habituación más rápida que el más largo, es decir, 60 segundos, resultado que coincide con los observados en otras especies.

En el segundo experimento se evaluó el efecto del cambio de contexto sobre la habituación, mostrando que un cambio en el suelo influye directamente en la recuperación espontánea del proceso de aprendizaje. Estos datos permiten caracterizar el fenómeno de la habituación en una especie de invertebrado para la que no existían datos anteriores. La caracterización de la respuesta de habituación permitirá su uso para estudiar los efectos de manipulaciones sobre el sistema nervioso y conocer mejor los mecanismos que subyacen los procesos psicológicos.

SUMMARY

This work consists of an investigation about the behavior of an invertebrate species, specifically the earthworm, also known as *eisenia foetida*.

In the first experiment, the effects of two interim intervals on the habituation response to a light stimulus are compared in a worm. The intervals consist in 30 and 60 seconds. The results indicate that the shorter interval (30) produces a faster habituation than the longer interval (60). This result coincides with others obtained in others species.

In the second experiment, the effect of context change on habituation was evaluated, showing that a change in the ground directly influences the spontaneous recovery of the learning process. These data allow to characterize the phenomenon of habituation in an invertebrate species for which there was no previous data. The characterization of the habituation response will allow its use to study the effects of manipulations on the

nervous system, besides knowing better the mechanisms that underlie the psychological processes.

ÍNDICE

Introducción	5
1. Antecedentes	5
1.1 Darwin y la teoría de la evolución.....	5
1.2. Lamarckismo.....	7
1.3. Darwin y las lombrices de tierra.....	8
1.4 Investigación con invertebrados.....	8
2. Aprendizaje animal	10
2.1. Aprendizaje no asociativo: <i>Habitación</i>	10
2.1. <i>Influencia de claves ambientales y contexto en el fenómeno de la habitación</i>	11
Anatomía y caracterización de la lombriz de tierra.....	12
Experimento 1: Efecto del intervalo entre estímulos en la habitación	14
Instrumentos.....	14
Sujetos.....	15
Procedimiento	15
Resultados experimento 1	16
Discusión de los resultados	18
Experimento 2: Efecto del cambio de contexto en la habitación.....	19
Instrumentos.....	19
Sujetos.....	19
Procedimiento	19
<i>Contexto liso (C1)</i>	20
<i>Contexto rugoso (C2)</i>	20
Resultados experimento 2	21
Discusión de los resultados	23
Conclusión.....	24
Referencias.....	26

Introducción

1. Antecedentes

Para poder entender el objetivo de este trabajo, y el por qué del interés de investigar con invertebrados como son las lombrices de tierra, hace falta conocer desde cuándo el mundo está interesado en el estudio del comportamiento animal.

Es de suma importancia nombrar al padre de la evolución, Charles Darwin, quien “ha tenido un impacto profundo y amplio en diversos campos relativos al conocimiento: la biología, la antropología, la arqueología, la zoología y, sin lugar a dudas, en la psicología (Sampedro, 2007). Desde Darwin entonces, se ha venido postulando, pero con más fuerza en los últimos años con el avance de las neurociencias, la unión entre la biología y la psicología.” (Zapata, 2009).

1.1 Darwin y la teoría de la evolución.

Considerado un naturalista británico, Darwin propuso la llamada teoría de la evolución biológica por selección natural, la cual cambió la forma de pensar de la humanidad y avivó el interés por el comportamiento, aprendizaje y cognición animal, definida como un conjunto de procesos psicológicos que posee el cerebro, con la finalidad de interpretar señales y situaciones del ambiente, para así, producir una respuesta adecuada.

Su libro “El origen de las especies” expuesto en 1859, explica la hipótesis de Darwin sobre la manera en la que los seres vivos evolucionan y de cómo se llegan a formar distintas especies, con características y capacidades cognitivas diversas. La base de esta teoría es que la selección natural empuja el cambio de las especies. Dicha hipótesis se pudo demostrar años más tarde.

Él mismo define evolución como “descendencia con modificación”, (Sal & John, 2018) esto significa que las especies no se han creado de manera individual, sino que han ido evolucionando de otras ya existentes. Mantuvo la idea de que las especies cambian a lo largo del tiempo, dando origen así a nuevas especies consideradas como su descendencia. Dichas especies comparten un ancestro común y por tanto, también comparten aspectos cognitivos, tales como la inteligencia, aspecto del que se hablará más adelante.

Darwin ha demostrado que “ninguna especie ha sido creada, sino que todas han evolucionado de formas de vidas ancestrales y comunes, a través de procesos guiados por el azar que han generado toda la complejidad filogenética, mediante la selección de aquellos genes que permiten un fenotipo ventajoso para la supervivencia”. (Stix, 2009)

Esta forma de entender los cambios y la evolución de las especies, se aplica al ser humano ya que sabemos que el ADN también posee una capacidad evolutiva, la cual forma la evolución cerebral. El cerebro ha seguido un proceso de adaptación a lo largo de los años, proceso evolutivo permanente y constante que también se comprende atendiendo a los cambios de las especies.

Por lo que se refiere al proceso de la evolución cerebral que ha tenido lugar a lo largo de los años, se debe hacer referencia a la psicología evolucionista, la cual considera que la cognición es una estrategia de supervivencia, (Zapata, 2009) que surge como consecuencia del contexto ambiental en el que se desarrolle la especie.

“El lenguaje y la fluidez cognitiva permiten percepciones y cogniciones más complejas sobre el mundo y sobre nosotros mismos, lo cual va a dar origen a la mente moderna, al homo sapiens sapiens” (Wong, 2005).

Entender el por qué se ha producido un cambio en el cerebro de las especies a lo largo de los años es clave para comprender la relación entre la teoría de la evolución y la cognición, inteligencia y otros procesos psicológicos. Dependiendo de las necesidades que exija el contexto y de la presión ambiental, la especie que se encuentre en dicha situación, requerirá unas habilidades u otras. Por tanto, hasta que no surgió la necesidad de comunicarse con otros de la misma especie, el cerebro no adquirió esa habilidad. De esta manera, observamos claramente cómo el cerebro y las capacidades cognitivas de las especies han ido evolucionando, a medida que también lo hacían las exigencias del ambiente.

“La inteligencia excepcional de los humanos parece ser el resultado de una combinación y mejora de las propiedades que se encuentran en los primates no humanos, como la teoría de la mente, la imitación y el lenguaje”. (Roth & Dicke, 2005).

Por tanto, se aprecian claras diferencias entre las distintas especies, teniendo las últimas en aparecer, las mayores habilidades y capacidades intelectuales.

“Unos procesos generan otros nuevos. La fluidez cognitiva alcanzada en el homo sapiens sapiens aumentó la complejidad del sistema, ya que este pasó de un sistema compartimentado a un sistema altamente integrado, donde el todo es mucho más que la suma de las partes, donde lo que genera los procesos es la interacción, el patrón sincrónico que fluye comunicando todo el sistema internamente”. (Coolidge & Wynn, 2001).

Los cambios que ha sufrido el cerebro de cualquier especie, y como consecuencia, la cognición, han ido evolucionando de menor a mayor escala, hasta llegar a un órgano de gran complejidad. Esto se conoce como estrategia efectiva de supervivencia. (Zapata, 2009).

“La psicología evolucionista, las neurociencias y la paleoantropología actual consideran la cognición como una estrategia de supervivencia, frente a las fuertes presiones ambientales que en el curso de la evolución el linaje homo ha enfrentado (Pinker, 2000). En este sentido, podemos afirmar que la vida no es sólo biología, sino también cognición”. (Varela, 2000).

1.2. Lamarckismo.

A pesar de la importancia de Charles Darwin, se debe hacer referencia también a diversos personajes históricos de gran importancia, que inculcaron ideas sobre evolución antes que Darwin, como es Jean-Baptiste Lamarck, quien elaboró aunque de manera errónea, la llamada primera teoría de la evolución, conocida como Lamarckismo.

Aunque “muchos autores habían esbozado ideas evolucionistas antes que Lamarck, le corresponde a éste el gran merito de haber elaborado la primera teoría completa y coherente de la evolución. En este sentido, Lamarck es sin duda el gran predecesor intelectual de Darwin y del evolucionismo moderno”. (Lessa, 1996)

Diferenciándolo de Darwin, Lamarck mantenía ideas de la evolución que seguían una línea de explicada basada en que “la vida se origina por generación espontánea. Era ésta una idea ampliamente aceptada en la época, y solamente fue descartada mucho después gracias a los trabajos de Pasteur”, (Lessa, 1996) quien descubrió la pasteurización y destruyó la idea de la teoría de la generación espontánea.

El lamarckismo explica la evolución de las especies a través de argumentos basados en la herencia de los caracteres adquiridos, asumiendo que cada especie posee una necesidad innata de cambiar para mejorar. En cambio, el darwinismo explica la teoría de la evolución mediante el proceso de selección natural, explicado anteriormente, basándose en la lucha de la especie por la supervivencia ante el medio.

1.3. Darwin y las lombrices de tierra.

Durante los últimos días de su vida, Darwin se interesó por el estudio del comportamiento de las lombrices. Fascinado por este pequeño ser vivo, publica en 1881 el llamado libro “la formación del mantillo vegetal por acción de las lombrices”.

Como el propio Darwin escribió: “Consideradas como una plaga para las plantas por los granjeros europeos de la época, esta obra cambió radicalmente esta visión. Darwin quiso mostrar que la acción gradual y continua de las lombrices para formar el mantillo y enterrar piedras y ruinas, era un elemento más de apoyo al argumento evolutivo de que, con suficiente tiempo, los cambios graduales pueden producir cambios muy grandes”. (Darwin, 2011/1881 p. 211)

Según Gould, esta obra es una prueba que demuestra la teoría de la evolución. Además, se considera “un modelo de cómo podemos interpretar la historia del mundo a través de la observación de procesos minúsculos que pasan desapercibidos pero que son capaces de originar cambios profundos. Darwin utiliza este ejemplo para reforzar uno de los aspectos más difíciles de visualizar en la evolución de la vida sobre la Tierra. Cuesta trabajo entender los enormes cambios que pueden producir pequeñas acciones repetidas a lo largo del tiempo”. (Rubio, 2010).

La evolución de las especies es, por tanto, relevante para entender el comportamiento, tanto humano, como animal. La psicología comparada tiene aquí un papel relevante. Esta ciencia consiste en el estudio de la mente animal, basándose en el supuesto de que las especies han ido evolucionando a lo largo de los años, extrapoliéndose así características físicas y mentales de unas especies a otras. Según Ardilla ‘si no fuera por el darwinismo no se habría propuesto nunca una psicología animal’’. (Ardilla, 1986)

1.4 Investigación con invertebrados.

Es vital investigar con esta especie de invertebrado, debido a que gracias a la lombriz de tierra, además de que se producen enormes beneficios para el suelo terrestre, la ciencia

cuenta con un potente modelo animal de investigación capaz de dar resultados proporcionales a diferentes psicopatologías humanas.

Es un hecho que existen numerosos trabajos de gran importancia en los que se han estudiado invertebrados de todo tipo. (Yerkes, 1912; Ratner y Miller, 1959; Rankin, Abramson y Buckbee; Clint J Perry, Andrew Barron y Ken Cheng; Jose Prados, Beatriz Alvarez y Joanna Howarth).

Las primeras investigaciones que se encuentran en la literatura, han visto la luz gracias a Yerkes, quien en 1912 trabajó con gusanos para poder estudiar si eran capaces de aprender un patrón de ruta en el que, dependiendo del camino elegido a través de un laberinto en T, recibirían o no una descarga eléctrica. Así, en su artículo “The intelligence of the earthworms” manifiesta que, mediante un condicionamiento clásico, este tipo de invertebrado era capaz de aprender una asociación entre estímulos.

En 1959 Ratner y Miller proponen un modelo clásico de condicionamiento, en el que experimentaron también con la lombriz de tierra, que como se ha mencionado antes, es un invertebrado muy común en estudios de aprendizajes. En este experimento, se utilizaron dos estímulos. El primero, el estímulo condicionado, era una pequeña vibración hacia el animal, y el incondicionado consistía en una luz, estímulo fóbico para este tipo de invertebrado, que como se explicará más adelante, la lombriz de tierra al tener taxismo negativo, se aleja de la luz. “ El propósito del estudio fue investigar la facilidad con que las lombrices de tierra (*Lumbricus terrestris*) desarrollan respuestas de retirada condicionadas en condiciones de entrenamiento masivo. ” (Ratner & Miller, 1959).

Por una parte, Charles Abramson y Dolores Buckbee realizaron un experimento con la lombriz de tierra, con el fin de evaluar el papel de los factores no asociativos en modelos animales, utilizando un procedimiento de aprendizaje asociativo. Según ellos, la importancia de su trabajo está en que “ históricamente, los invertebrados han sido los animales dominantes en la investigación de sistemas simples. Sin embargo, la importancia de factores no asociativos como la sensibilización ha sido subestimada en las medidas de condicionamientos clásicos e instrumentales con invertebrados ”. (Abramson & Buckbe, 1995).

Por otra parte, autores como Watanabe, Takaya, Shimoi y Ogawa han experimentado con las lombrices de tierra para estudiar la memoria a largo plazo en un condicionamiento clásico. Este trabajo, en concreto, tiene gran relevancia para comprender el presente estudio con la eisenia foetida, ya que ha servido de modelo para poder diseñar el método del experimento.

Por último, pero no menos relevante, Catherine Rankin, psicóloga especializada en neurociencias del comportamiento Canadá, ha realizado la mayor parte de estos trabajos con invertebrados. Entre todos ellos, destacamos su investigación sobre la habituación.

2. Aprendizaje animal

El aprendizaje animal asociativo ayuda a entender diversas funciones del sistema nervioso animal. Contribuye a formar modelos animales capaces de ser extrapolados a estudios de trastornos mentales y psicopatologías, además de proporcionar la vía para poder estudiar la evolución de la mente y la inteligencia que guían el comportamiento.

Sus orígenes se sitúan alrededor de 1927 cuando Pavlov, realiza un procedimiento objetivo para poder estudiar el cerebro animal, al que se conoce como condicionamiento clásico. Este proceso permite establecer relaciones entre estímulos en los animales, garantizando que, así, estas especies se dirijan hacia los estímulos que resultan favorables para su supervivencia, ignorando los que emanan peligros para su especie. De esta forma, y relacionando el aprendizaje con la teoría de la evolución, el éxito reproductivo de dicha especie está garantizado.

2.1. Aprendizaje no asociativo: *Habituación.*

Por su parte, en el aprendizaje no asociativo solo existe un único estímulo, que se presenta repetidamente al animal para obtener una experiencia ante él. Así, se produce un cambio en la conducta basada en la experiencia del animal sobre el único estímulo presentado, así, se considera a la habituación “como un importante mecanismo de adaptación al medio” (Thompson y Glanzman, 1976).

“Tradicionalmente se ha considerado a la habituación como un aprendizaje no asociativo, es decir, que el decremento en la respuesta dependía exclusivamente del estímulo habituador”. (Gonzalez Almendros, 1983)

En el artículo de Rankin “Habituation revisited: An updated and revised description of the behavioral”, se mencionan todas las características de este fenómeno de aprendizaje.

Según Rankin “la aplicación repetida de un estímulo produce una disminución progresiva en algún parámetro de una respuesta a un nivel asintótico. Este cambio puede incluir disminuciones en la frecuencia y/o magnitud de la respuesta”. (Rankin, Habituation revisited: An updated and revised description of the behavioral, 2009)

Además, este fenómeno incluye una característica relevante para entender el comportamiento animal de muchas especies: la recuperación espontánea. Se produce cuando, al disminuir la respuesta, el estímulo no se presenta durante un período de tiempo y, cuando se vuelve a exponer, se obtiene una recuperación de la respuesta que se manifestó antes de surgir la habituación.

Distinguimos dos tipos de habituación, a corto y largo plazo.

Por lo que se refiere a la habituación a corto plazo, la exposición al estímulo se aprende por la mera exposición repetida al sujeto, quien lo graba en la memoria.

Sin embargo, la habituación a largo plazo, según González Almendros, se produce por “la acción evocadora desde la memoria a largo plazo producida por la agregación total de las claves ambientales asociadas al estímulo (generado por evocación)”. (Gonzalez Almendros, 1983). Entra, aquí, el importante papel del contexto y de las claves ambientales en este proceso de aprendizaje.

2.1. Influencia de claves ambientales y contexto en el fenómeno de la habituación.

Existen discrepancias sobre la explicación de resultados en los que se ha intentado estudiar la influencia del contexto en el aprendizaje. “El término dependencia contextual de la memoria o efecto de la reinstauración contextual, hace referencia a la mejora que se produce en el rendimiento en pruebas de memoria”, o en este caso, en la habituación, “cuando el contexto donde se realiza el aprendizaje coincide con el contexto de prueba”. (Seco & Bajos, 1997)

Por tanto, aunque el aprendizaje debería ser independiente del contexto en el que se trabaja, estudios demuestran que existe una dependencia de estos factores, induciendo así, al fracaso en la retención de respuestas en la memoria cuando se produce un cambio en el contexto donde se aprendieron dichas respuestas.

Anatomía y caracterización de la lombriz de tierra

La lombriz de tierra es un ser invertebrado, es decir, no tiene columna vertebral. Estos seres vivos pertenecen a la familia de los anélidos, concretamente a la clase Oligochaeta. Sus cuerpos están segmentados, y poseen simetría bilateral, esto es, que sus dos lados, tanto el izquierdo como el derecho, son idénticos. Cada segmento que forma el cuerpo de la lombriz, tiene una especie de cerdas que la ayudan a anclarse cuando se arrastra por el suelo. Para ello, utilizan los músculos circulares y longitudinales que se encuentran debajo de su epidermis.

Anatomía interna de la Lombriz

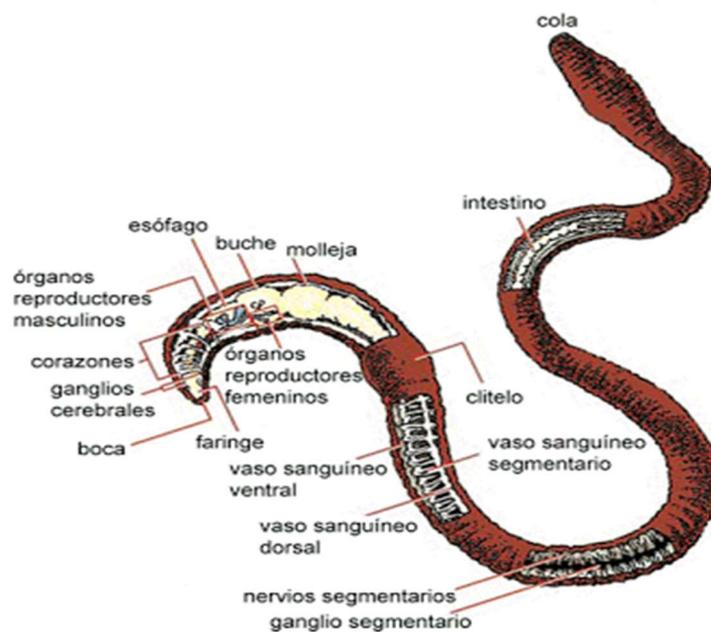


Figura 1. Anatomía de la lombriz de tierra.

(IMAGEN PUBLICADA POR Rubby del Carmen Berdugo Hernandez RECUPERADO EN <http://rubbyberdugo.blogspot.com/2009/03/texto-inicial-la-lombriz-la-lombriz.html> EL DÍA 5 DE JUNIO DE 2018)

Por lo que se refiere a su sistema respiratorio, no poseen un sistema bien desarrollado. La respiración de la lombriz es cutánea, es decir, en los anélidos el intercambio de gases respiratorios se produce a través de una delgada capa de piel llamada epidermis, mediante un mecanismo llamado ósmosis.

Por ello, es de suma importancia mantener tanto el contexto como la piel de la lombriz en condiciones favorables, con una temperatura que oscile entre 19 y 20 grados, así

como una humedad del 80%. Unos niveles por encima de este porcentaje mantienen a la lombriz roja californiana, también conocida como eisenia foetida, en un estado de latencia o inactividad, en el cual se enrolla sobre sí misma, volviéndose hacia un color rosado. Niveles por debajo hacen que las condiciones sean desfavorables para ellas, asegurando su muerte.

Al existir poca distancia entre la epidermis del anélido y las células de otros tejidos u órganos de su cuerpo, se asegura que el transporte de gases ocurra fácilmente.

En cuanto al sistema circulatorio de la lombriz, está completamente cerrado. Lo que ocurre es que un vaso sanguíneo grande recorre el cuerpo del anélido, justo al lado del intestino. Otros pares de vasos sanguíneos musculares discurren desde el vaso central, funcionando así como corazones.

En relación a la anatomía de este ser vivo, se puede observar un primer segmento en el cuerpo llamado peristomio, el cual contiene la boca. Existe un lóbulo sencillo similar a la lengua de los animales, situado encima de la boca llamado prostomio. Este lóbulo es utilizado por la lombriz para poder observar su ambiente.

“Las lombrices están pobremente provistas con órganos de los sentidos, ya que aunque son capaces de distinguir entre la luz y la oscuridad no se puede decir que logren ver; son completamente sordas, poseen un débil olfato y solamente el sentido del tacto está bien desarrollado. Es poco lo que logran aprender del mundo exterior, siendo sorprendente que muestren habilidades en el revestimiento de las galerías de la tierra. Por el modo que tienen de cerrarlas, exhiben cierto grado de inteligencia. Actúan del mismo modo que lo haría un hombre.” (Darwin, 2011/1881).

Debido a que no tienen el sentido de la visión, sin este prostomio no sabrían por donde avanza su camino a través del suelo, por tanto, no serían capaces de poner en marcha sus habilidades.

Otra parte importante de su anatomía es el clitelo. Consiste en una hinchazón de la piel que únicamente se puede observar en lombrices de tierra adultas, es decir, con capacidad de reproducción. En nuestros experimentos, como se verá más adelante, se ha utilizado lombrices adultas, con clitelo, para su mejor identificación. Este clitelo puede ser de color rojo, blanco o naranja. Cuando la lombriz tiene el clitelo anaranjado, se asume que ya posee capacidad para reproducirse.

Mencionando así el sistema reproductor, se sabe que cada individuo posee ambos sexos, tanto el masculino, como el femenino. No obstante, se reproducen por fertilización cruzada, donde ambas lombrices ponen un capullo llamado cocón. La formación de este capullo tiene lugar en el clitelo explicado anteriormente, y tras formarse del todo, viaja hasta la cabeza de la lombriz. En este punto se desliza hacia fuera y se deposita en el suelo.

La mayor parte del material secretado para formar capullos de lombriz se produce dentro de esta estructura. El número de segmentos dentro de él es una pista fundamental para identificar y diferenciar lombrices jóvenes y adultas.

El último segmento que compone a la lombriz se le conoce como periprocto y contiene el ano.

Distinguir lombrices jóvenes de adultas, como se ha mencionado antes, depende pues de la identificación de todas sus partes. “Lombrices sin marcas genitales como son el clitelo, la tubercula pubertatis o la tumescencia genital son juveniles.” (Díaz Mendoza, N. (2017). Recuperado el 18 de mayo de 2018, de <https://www.lombriculturadetenjo.com/es/anatomia-de-la-lombriz-de-tierra/>).

En cuanto al sistema nervioso central de la lombriz, se encuentran unos ganglios suprafaríngeos, que forman su cerebro, y a pesar de que carecen de órganos sensoriales aparte de los del tacto, sí podemos observar, en este organismo primitivo, los tres elementos esenciales del sistema nervioso: receptores, conductores y efectores.

Experimento 1: Efecto del intervalo entre estímulos en la habituación

En el primer experimento de nuestra investigación se puso en marcha un procedimiento de habituación, estudiando el efecto interestimular con dos intervalos diferentes, 30 y 60 segundos

Instrumentos

Los sujetos se depositaban sobre placas petri, las cuales se tapaban con una tapa transparente para su mejor visión durante el experimento. (Ver ANEXO 1)

Contábamos con una cámara web para poder grabar cada una de las fases de los experimentos, y así, realizar la posterior fiabilidad interjueces. El laboratorio prestó un

peso especial, capaz de medir en diferentes escalas y medidas, para así poder pesar con exactitud el peso de cada lombriz expuesta al experimento. (VER ANEXO 2)

Por lo que se refiere al procedimiento en marcha del experimento, el laboratorio cuenta con un ordenador especializado, en el que se instaló un programa phyton, cuya composición consta de distintos elementos denominados tokens.

Sujetos

El experimento consta de un total de 36 sujetos, que como se ha explicado anteriormente, experimentamos con la lombriz de tierra, concretamente, la lombriz roja californiana, conocida como eisenia foetida. Esta especie de invertebrado ha sido proporcionado por la empresa española Lombrinatur.

Los sujetos se dividen en tres grupos, los cuales diferenciamos entre dos grupos experimentales, uno con intervalo de 30 segundos, otro con 60 segundos y, por último, el grupo control.

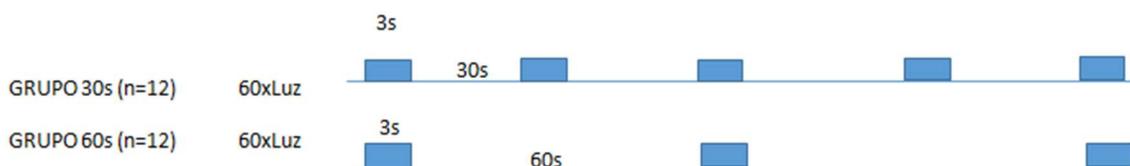
Cada uno de los tres grupos consta de 12 lombrices, las cuales, se pesan. En cada uno de los experimentos, se han utilizado lombrices adultas, es decir, con el clitelo desarrollado y con un peso medio que ronda desde los 0,3 gramos hasta el gramo y medio.

Procedimiento

En el grupo experimental con el que se trabajó el intervalo de 30 segundos, se aplicó el procedimiento a 12 lombrices, divididas en parejas, las cuales se depositaban sobre placas petri. Por tanto, se realizó un total de 6 presentaciones del experimento.

En cada una de ellas había un total de 60 ensayos, en los que tras 5 minutos de aclimatación sobre la placa, se administraba el estímulo fóbico para la lombriz, es decir, la luz, que tenía una duración de 3 segundos.

El diseño para el grupo experimental en el que se estudió el intervalo de tiempo de 60 segundos contaba con los mismos pasos, la única diferencia residía en el intervalo entre ensayos.



Como variable dependiente se registra la retracción de la lombriz ante la exposición de la luz, y se considera respuesta cuando se retrae mínimo unos 5 milímetros.

La hipótesis de este experimento es que, se producirá un proceso de habituación, en el que debido a la exposición repetida del mismo estímulo, el sujeto dejará de dar respuesta a él. No obstante, en el grupo experimental que poseía un intervalo entre ensayos más corto, la habituación se reflejaría antes que en el grupo de 60 segundos, aunque se trataría de un proceso más débil y menos resistente que el producido por el intervalo de tiempo más largo.

Resultados experimento 1

Por lo que se refiere al efecto entre bloques obtenido en este experimento, los resultados reflejan que, a favor de nuestra hipótesis, la respuesta disminuye a medida que se presenta el estímulo de la luz.

Pruebas de efectos dentro de sujetos

Medida: respuesta

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
bloque	Esfericidad asumida	1681,951	5	336,390	147,040	,000
	Greenhouse-Geisser	1681,951	2,667	630,542	147,040	,000
	Huynh-Feldt	1681,951	3,208	524,294	147,040	,000
	Límite inferior	1681,951	1,000	1681,951	147,040	,000
bloque * grupo	Esfericidad asumida	41,563	5	8,313	3,633	,004
	Greenhouse-Geisser	41,563	2,667	15,581	3,633	,022
	Huynh-Feldt	41,563	3,208	12,956	3,633	,015
	Límite inferior	41,563	1,000	41,563	3,633	,070
Error(bloque)	Esfericidad asumida	251,653	110	2,288		
	Greenhouse-Geisser	251,653	58,684	4,288		
	Huynh-Feldt	251,653	70,577	3,566		
	Límite inferior	251,653	22,000	11,439		

Tabla 1.

Obtenemos una constante de F (5,110) igual a 147,040 y una significación menor que 0.001 ($p=0.000$). (ver Tabla 1)

Pruebas de efectos inter-sujetos

Medida: respuesta

Variable transformada: Media

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Intersección	4021,674	1	4021,674	768,714	,000	,972
grupo	39,063	1	39,063	7,467	,012	,253
Error	115,097	22	5,232			

Tabla 2.

En cuanto a la existencia de diferencias significativas entre los grupos, analizando las pruebas de efectos intersujetos, se observa que sí existen.

Se obtiene una constante entre grupos de $F(1,22) = 7,467$ así como una significación menor que 0.05 ($p = 0.12$). (Ver Tabla 2)

Pruebas de efectos dentro de sujetos

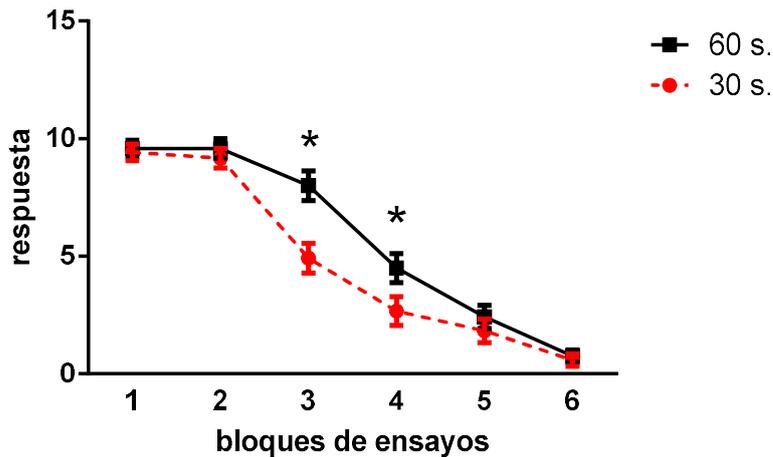
Medida: respuesta

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
bloque	Esfericidad asumida	1681,951	5	336,390	147,040	,000	,870
	Greenhouse-Geisser	1681,951	2,667	630,542	147,040	,000	,870
	Huynh-Feldt	1681,951	3,208	524,294	147,040	,000	,870
	Límite inferior	1681,951	1,000	1681,951	147,040	,000	,870
bloque * grupo	Esfericidad asumida	41,563	5	8,313	3,633	,004	,142
	Greenhouse-Geisser	41,563	2,667	15,581	3,633	,022	,142
	Huynh-Feldt	41,563	3,208	12,956	3,633	,015	,142
	Límite inferior	41,563	1,000	41,563	3,633	,070	,142
Error(bloque)	Esfericidad asumida	251,653	110	2,288			
	Greenhouse-Geisser	251,653	58,684	4,288			
	Huynh-Feldt	251,653	70,577	3,566			
	Límite inferior	251,653	22,000	11,439			

Tabla 3.

Si en dicho experimento no se obtiene una intersección entre los grupos de sujetos, se interpreta que todos los sujetos sometidos al procedimiento, actúan igual y se comportan de manera idéntica, dejando a los resultados sin fiabilidad alguna.

No obstante, sí se obtiene una intersección entre ellos, las lombrices se comportan de manera diferente ante un intervalo entre ensayos u otro. Obtenemos una constante de $F(5,110) = 3.633$ y una significación menor que 0.05 ($p = 0.004$) (Ver Tabla 3)



Gráfica 1.

Como se puede observar en la gráfica 1, se han dividido los 60 ensayos en bloques de 10. Por lo que se refiere al proceso de aprendizaje de las lombrices sometidas al experimento con un intervalo de 30 segundos, conseguían habituarse antes al estímulo fóbico de la luz, produciéndose un descenso en la respuesta a partir de los 20 primeros ensayos.

Sin embargo, los sujetos que fueron expuestos a la luz con un intervalo de 60 segundos entre las presentaciones, tardaron más tiempo en habituarse, manifestándose el descenso de la respuesta más paulatinamente que el grupo de 30.

Discusión de los resultados

Tras analizar y comentar los resultados, queda de manifiesto que se ha obtenido un efecto interestimular en el proceso de habituación en la eisenia foetida.

Como resultado de haber experimentado con dos tiempos diferentes de intervalos entre ensayos, se puede afirmar que un intervalo de tiempo más corto (30 segundos) entre las presentaciones de la luz, produce un proceso de habituación más rápido que el intervalo más largo (60 segundos). No obstante, a pesar de ser una habituación que se consigue rápido, a partir del ensayo 25 aproximadamente, es más débil ya que tarda menos tiempo en olvidarse. En el caso de realizar un procedimiento para estudiar la recuperación espontánea del sujeto en este intervalo en concreto, se obtendría de nuevo la respuesta de contracción ante el estímulo fóbico con más intensidad.

Así, la habituación obtenida al poner en marcha el experimento con un intervalo entre ensayos de 60 segundos, es cierto que se obtiene una habituación más tardía, alrededor

del ensayo 35 de un total de 60. No obstante, esta habituación es más resistente, ya que se tarda más tiempo en olvidarse.

Experimento 2: Efecto del cambio de contexto en la habituación.

En este segundo experimento, el objetivo principal es conocer si un cambio de contexto influye en el proceso de habituación.

Instrumentos

Para llevar a cabo este experimento, se contaba con dos tipos de contextos, liso y rugoso. El liso únicamente consistía en colocar la lombriz sobre la misma placa petri, que era de plástico liso.

Para el contexto rugoso, disponíamos de un papel de lija (Ver ANEXO 1) que, colocado sobre la placa petri, hacía de suelo rugoso.

El resto de materiales con los que se trabajaron fueron los mismos que se utilizaron en el primer experimento. Se utilizó el peso (Ver ANEXO 2) para saber exactamente el peso de cada sujeto y cada uno de los ensayos se realizaban a través del programa phyton.

Sujetos

Este experimento se aplicó a una muestra total de 32 lombrices, las cuales se dividieron en dos grupos principales:

Un primer grupo constaba de 16 lombrices, a las que se les aplicó el experimento de la habituación sobre un contexto liso.

El segundo grupo estaba compuesto por las 16 lombrices restantes, las cuales fueron manipuladas sobre un contexto rugoso.

Después de aplicar la fase de habituación, a cada grupo se le cambió el contexto sobre el que habían sido manipuladas, para estudiar así, si un cambio de suelo influye en el aprendizaje de la habituación.

Procedimiento

El diseño de este segundo experimento es similar a la fase del primer experimento, en la que se estudió el proceso de habituación en la lombriz.

Por lo que se refiere al procedimiento, se debía elegir entre uno de los dos intervalos de tiempo entre ensayos, utilizados en el primer experimento. Por el tiempo disponible, se utilizó el intervalo más corto, el de 30 segundos.

El total de ensayos era de 60, en los que el estímulo fóbico, la luz, se presentaba durante 3 segundos, con un intervalo entre ensayos de 30 segundos. La diferencia con este primer experimento reside en la introducción de una nueva variable independiente, el contexto.

Contexto liso (C1)

Primero, en un primer ensayo, se aplicó el experimento a una muestra total de 16 sujetos, los cuales estaban sobre placas petri en un contexto liso. Se dividió la muestra en parejas, por tanto, se realizaron 8 partes del experimento.

Finalmente, dividimos los sujetos y se realizó el cambio de contexto a 8 sujetos, los cuales se colocaban sobre placas petri con un contexto rugoso. Los otros 8 sujetos restantes siguieron manipulándose en el contexto liso. Al contrario que en la primera fase en la que había un total de 60 ensayos, en esta fase se realizaron únicamente 30.

Contexto rugoso (C2)

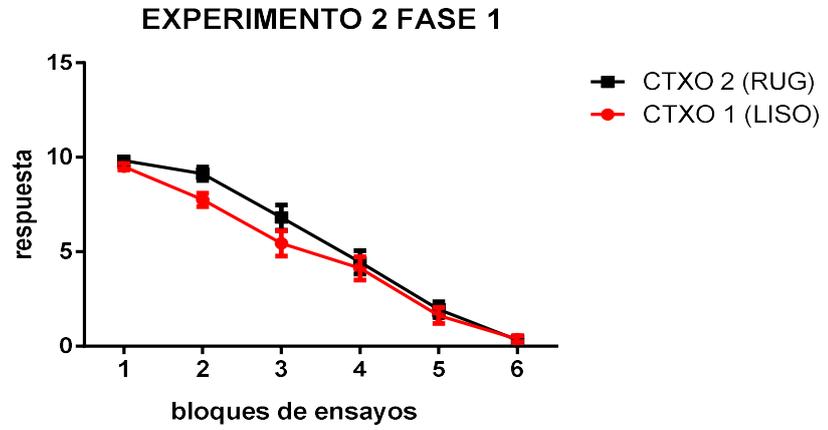
En cuanto a la segunda parte de este experimento, se aplicaron las mismas reglas, cambiando el contexto.

Primero se puso en marcha el experimento de la habituación a 16 lombrices, todas ellas colocadas sobre placas petri que contienen papel de lija, simulando el suelo rugoso.

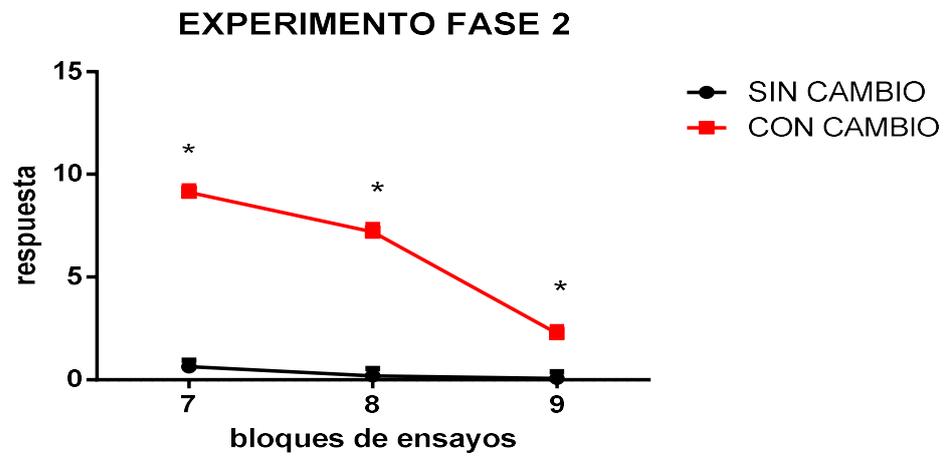
Finalmente, se dividieron los 16 sujetos de experimentación. Se aplicaron 30 ensayos a 8 sujetos en el mismo contexto rugoso que la fase 1, y los otros 8 sujetos son sometidos a un cambio de contexto, estando ahora sobre placas de suelo liso.

El diseño utilizado en este experimento es un diseño contrabalanceado, para evitar el posible efecto diferencial de los contextos utilizados en la experimentación.

Resultados experimento 2



Gráfica 2.



Gráfica 3.

Pruebas de efectos dentro de sujetos

Medida: respuesta

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
bloque	Esfericidad asumida	2152,167	5	430,433	179,150
	Greenhouse-Geisser	2152,167	3,213	669,892	179,150
	Huynh-Feldt	2152,167	3,763	571,894	179,150
	Límite inferior	2152,167	1,000	2152,167	179,150
bloque * CTXO	Esfericidad asumida	15,104	5	3,021	1,257
	Greenhouse-Geisser	15,104	3,213	4,701	1,257
	Huynh-Feldt	15,104	3,763	4,014	1,257
	Límite inferior	15,104	1,000	15,104	1,257
Error(bloque)	Esfericidad asumida	360,396	150	2,403	
	Greenhouse-Geisser	360,396	96,381	3,739	
	Huynh-Feldt	360,396	112,897	3,192	
	Límite inferior	360,396	30,000	12,013	

Tabla 4.

Al igual que en el primer experimento, obtenemos resultados que indican que se ha producido el efecto de la habituación, debido a que a medida que presentamos de manera repetida el estímulo de la luz, la respuesta de contracción de la lombriz disminuye hasta llegar a ser nula.

Por lo que se refiere al efecto de los bloques, obtenemos una constante $F(5,150) = 179,150$ y una significación menor que 0.001. (Ver TABLA 4).

En cuanto a la constante del efecto referido a la intersección del bloque y el contexto experimental, se obtiene una constante de $F(5,150) = 1,257$, así como una significación mayor que 0.05, por tanto, se manifiesta que no existe intersección entre los bloques de ensayos presentados y los diferentes contextos a los que se exponen los sujetos.

Pruebas de efectos dentro de sujetos

Medida: respuesta

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
bloque	Esfericidad asumida	230,896	2	115,448	87,590	,000
	Greenhouse-Geisser	230,896	1,923	120,057	87,590	,000
	Huynh-Feldt	230,896	2,000	115,448	87,590	,000
	Límite inferior	230,896	1,000	230,896	87,590	,000
bloque * cambio	Esfericidad asumida	174,021	2	87,010	66,014	,000
	Greenhouse-Geisser	174,021	1,923	90,484	66,014	,000
	Huynh-Feldt	174,021	2,000	87,010	66,014	,000
	Límite inferior	174,021	1,000	174,021	66,014	,000
Error(bloque)	Esfericidad asumida	79,083	60	1,318		
	Greenhouse-Geisser	79,083	57,696	1,371		
	Huynh-Feldt	79,083	60,000	1,318		
	Límite inferior	79,083	30,000	2,636		

Tabla 5.

Durante la segunda fase del experimento en la que se hizo el cambio de contexto a la mitad de los 32 sujetos totales, obtenemos una constante del efecto del bloque de $F(2,60) = 87.59$, así como una significación menor que 0.001, reflejando que si existen diferencias significativas en cada bloque que refleja la habituación. (Ver TABLA 5).

Además, existe una interacción entre el bloque y el contexto, debido a que los sujetos se comportan de manera diferente en función de que exista un cambio de contexto o no. Obtenemos así, una constante de $F(2,60) = 66.014$ y una significación menor que 0.001. (Ver TABLA 5).

Como refleja la gráfica 2, se ha producido el mismo fenómeno estudiado en el experimento 1, una habituación con un intervalo de tiempo entre ensayos de 30 segundos, independiente del contexto en el que estuviera cada grupo de sujetos.

Discusión de los resultados

Al haber realizado estos dos experimentos, se ha podido demostrar una variedad de datos que se encuentran en la literatura sobre aprendizaje en modelos animales.

En cuanto al primer experimento, se comprueba que al realizar el mismo diseño para estudiar la habituación en la lombriz de tierra, utilizando dos intervalos de tiempo entre ensayos diferentes, uno corto y otro más largo, no se obtienen los mismos resultados al mismo tiempo.

Es el intervalo de tiempo más largo el que produce un efecto de habituación más duradero en el tiempo, y más resistente al fenómeno de recuperación espontánea de la respuesta.

Por último, se ha estudiado si un cambio en el contexto del sujeto influye en la habituación, comprobando que sí tiene efectos sobre el aprendizaje. (Ver Gráfica 3)

Si al producirse el fenómeno de habituación o disminución de la respuesta, cambiamos el contexto en el que se ha formado, la respuesta del sujeto ante el estímulo fóbico vuelve a aparecer.

Conclusión

La principal justificación de este trabajo, además de comprender el comportamiento y la inteligencia de la lombriz de tierra, es destacar la importancia de trabajar en investigación con invertebrados.

En general, la investigación basada en el aprendizaje en invertebrados se ha centrado principalmente en artrópodos, y más concretamente, en himenoptera (himenópteros) y díptera (dípteros). Aunque, actualmente ha aumentado el interés por ampliar el rango de especies con las que investigar, es cierto que existe un sesgo respecto a los resultados con invertebrados, debido a que se comparan análisis basados en el comportamiento, inteligencia y cognición de estos seres vivos sin tener en cuenta el resto de clases del filo artrópodos; más concretamente existe el sesgo de realizar una investigación basándose en los resultados positivos de estudios con dichas especies.

Por tanto, es vital extender más el interés por investigar con todas las especies del mismo filo, para poder así, comparar con objetividad y criterio el comportamiento de los invertebrados, analizando las diferencias entre cada una de las especies pertenecientes a este grupo.

Respecto a la lombriz de tierra, estudiada en este trabajo, se ha comprobado la capacidad de producir el fenómeno de habituación, ya estudiado en investigaciones anteriores. Por lo que se refiere al efecto interestimular, los resultados ponen de manifiesto que un intervalo de tiempo más corto produce un fenómeno de habituación más rápido, en comparación con el intervalo entre ensayos más largo. Aún así, esta habituación es menos resistente, ya que la respuesta que desaparece, tarda menos en volver a producirse.

Además, es destacable la influencia del contexto sobre la habituación. En nuestro segundo experimento, se comprueba que un cambio de contexto produce un cambio en la respuesta del sujeto, produciéndose un fenómeno de recuperación de la respuesta habituada, al modificar las claves ambientales del sujeto expuesto a la experimentación.

Es necesario continuar la investigación detallada de otras variables que afectan a la conducta de la lombriz de tierra. Como es la caracterización de los parámetros que afectan a la habituación. Además, el estudio de fenómenos asociativos como puede ser el condicionamiento pavloviano, ayudarán a entender los mecanismos del aprendizaje.

Un conocimiento exhaustivo de los procesos de memoria, condicionamiento y aprendizaje en la lombriz permitirían utilizarlo como modelo animal en la investigación de trastornos psicopatológicos. Además, por su uso en la agricultura como modelo de evaluación de la calidad de los suelos, ayudará a mejorar el uso como biomarcadores de la lombriz de tierra. (Fründ et al. 2010).

Referencias

- Abramson, C. I., & Buckbe, 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.
- Álvarez, F. P., Padilla, F., Cuesta, A., & López, A. E. (2003). *Zoología aplicada*. Ediciones Díaz de Santos.
- Ardilla, R. (1986). Significado y necesidad de la psicología comparada. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 18 (2).
- Campillo, S. (12 de febrero de 2016). *Hipertextual*. Recuperado el 14 de mayo de 2018, de <https://hipertextual.com/2016/02/darwin-evolucion>
- Campillo, S. (12 de febrero de 2016). La teoría de la evolución, explicada a principiantes. *Hipertextual*.
- Coolidge, & Wynn. (2001). Executive Functions of the Frontal Lobes and the Evolutionary Ascendancy of Homo Sapiens. *Cambridge Archaeological Journal*, 2 (11), 255-260.
- Coolidge, F., & Wynn, T. (2007). The working memory account of Neandertal. *Journal of Human Evolution* (52), 707-710.
- Coolidge, & Wynn. (2001). Executive Functions of the Frontal Lobes and the Evolutionary Ascendancy of Homo Sapiens. *Cambridge Archaeological Journal*, 11 (2), 255-260.
- Darwin, C. (2011). *La formación del mantillo vegetal por la acción de las lombrices*. México: Catarata.
- Díaz Mendoza, N. (2017). *Lombricultura de tenjo*. Recuperado el 18 de mayo de 2018, de <https://www.lombriculturadetenjo.com/es/anatomia-de-la-lombriz-de-tierra/>
- Domjan, M. (2007). *Principios de aprendizaje y conducta*. Editorial Paraninfo.
- Fründ, H., Butt, K., Capowiez, Y., Eisenhauer, N., Emmerling, C., Ernst, G., y otros. (2010). Using earthworms as model organisms in the laboratory: Recommendations for experimental implementations. *Pedobiología*, 53, 119-125.
- Gonzalez Almendros, J. L. (1983). Claves internas y externas en la habituación a largo plazo. *Anuario de Psicología Universidad Complutense* (28).
- Gruart, A., & Delgado-García, J. M. (2007). Bases fisiológicas del aprendizaje asociativo en mamíferos. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 39 (1), 15-30.
- Hernán, D. A. (2009). *Evolución y adaptación, 150 años después del Origen de las Especies*. España: ObraPropia.
- Javier Vila, J. N. (2003). *Investigación contemporánea en aprendizaje asociativo*. Jaén: Del lunar.

- Lessa, E. P. (1996). Darwin vs Lamarck. *Cuadernos de Marcha* , 11 (116), 58-64.
- Morell, V. (1999). La variedad de la vida. *NatioNational Geographic. Biodiversidad: la frágil red* , 4 (2), 12-28.
- Philips, A. *Darwin's worms: On life stories anda death stories*. Faber and Faber.
- Quammen, D. (2006). *El remiso Mr. Darwin: un retrato íntimo de Charles Darwin y el desarrollo de la teoría de la evolución*. Antoni Bosch editor.
- Rankin, C. (2009). Habituation revisited: An updated and revised description of the behavioral. *Neurobiology of Learning and Memory* (92), 135-138.
- Rankin, C. (2004). Invertebrate Learning: What Can't a Worm Learn? *Current Biology* , 14, 617-618.
- Ratner, S. C., & Miller, K. R. (1959). Classical conditioning in earthworms, *Lumbricus terrestris*. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* , 52 (1), 102.
- Roth, G., & Dicke, U. (2005). Evolution of the brain and intelligence. *Elsevier* , 9 (5).
- Rozo, J. (2007). Charles Darwin: la teoría de la evolución y su influencia en la psicología. *PsicologíaCientífica.com* , 9, 1-25.
- Rubio, J. L. (2010). Darwin's Worms. *ESSC NEWSLETTER* , 17 (9).
- Sal, & John. (2018). *Khan Academy*. Recuperado el 26 de mayo de 2018, de <https://es.khanacademy.org/science/biology/her/evolution-and-natural-selection/a/darwin-evolution-natural-selection>
- Scheinsohn, V. (2001). *La evolución y las ciencias*. Emecé.
- Seco, M. M., & Bajos, E. G. (1997). Dependencia del contexto ambiental en la memoria: Una revisión crítica. *Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología* , 50 (1), 113-125.
- Soler, M. (2003). *Evolución: la base de la biología*. S.A.L. PROYECTO SUR DE EDICIONES.
- Stix, G. (2009). El legado de Darwin. *Investigación y ciencia* (388), 12-17.
- Thomson, R., & Glanzman, D. L. (1976). Neural and Behavioral mechanisms of Habituation and sensitization. En N. Hillsdale, & E. Lawrence, *Habituation: perspectives from child development, Animal behavior and neurophysiology*. Tighe, T. J.; Leaton, R. N.(Eds).
- Tighe, T. J. (2016). *Habituation: Perspectives from child development, animal behavior, and neurophysiology*. Routledge.
- Universitaria, E. (2007). *Lombricultura: desarrollo sostenible*. Editorial, U.
- Varela, F. (2000). *El fenómeno de la vida*. Dolmen Ediciones.

Watanabe, H., Takaya, T., Shimoi, T., & Ogawa, H. (2005). Influence of mRNA and protein synthesis inhibitors on the long-term memory acquisition of classically conditioned earthworms. *Neurobiology of Learning and Memory* , 83 (2), 151-157.

Wegener, J. (1963). *Biología de los Animales*. La Habana: Editorial acional de Cuba.

Wong, K. (2005). La aparición de la mente moderna. *Investigación y ciencia* (347), 46-85.

Wyers, E. J. (1973). Wyers, E. J., Peeke, H. V., & Herz, M. J. *Habituation: Behavioral studies* , 1-57.

Yerkes, R. M. (1912). The intelligence of earthworms. *Journal of Animal Behavior* , 2 (5), 332.

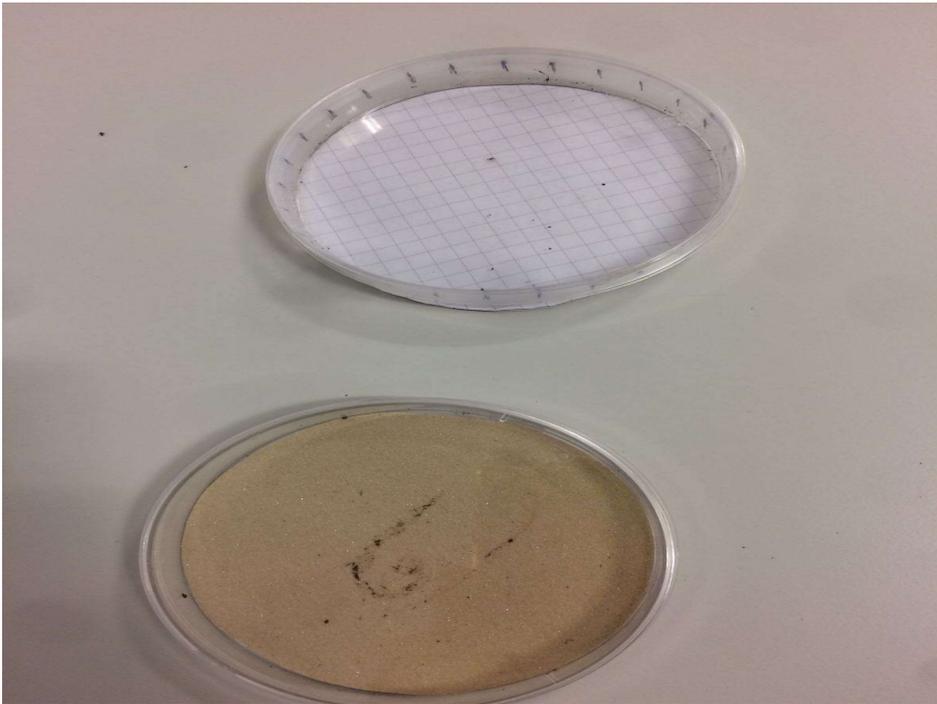
Zapata, L. (2009). Evolución, cerebro y cognición. *Psicología desde el Caribe* , 24, 106-119.

ANEXOS

Anexo 1



Maceteros



Placas petri contexto liso (arriba) contexto rugoso (abajo)

Anexo 2



Cámara web



Peso