

LA PULGA DE AGUA: EXCELENTE RECURSO EN LA DIDÁCTICA DE LA BIOLOGÍA.



**JUAN ANTONIO NAVARRO DE TUERO
(DPTO. DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA)
&
JOSÉ MANUEL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ
(DPTO. DE FÍSICA Y QUÍMICA)**

I.E.S. DORAMAS (MOYA-LAS PALMAS)

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN. (p4)

- * Antecedentes sobre la pulga de agua.
 - o Características de la pulga de agua.
 - o Utilidad de la cría de la pulga de agua como alimento para peces y como bioindicador.
 - o Reproducción de Daphnia.

II. OBJETIVOS. (p7)

III. MATERIALES Y MÉTODOS. (p8)

- * Generalidades en la manipulación de Daphnia.
- * Recolección de la cepa.
- * Mantenimiento de la cría de la pulga de agua.
- * Alimentación de la pulga de agua.
- * Estudio del ritmo cardíaco y del movimiento en Daphnia.
- * Consideraciones sobre las diferentes drogas utilizadas.
- * Influencia de la luz en el comportamiento de Daphnia.
- * El sexo de la pulga de agua.

IV. PROCEDIMIENTOS. (p13)

1. ESTUDIO ANATÓMICO-FISIOLÓGICO PRELIMINAR DE LA DAPHNIA. (p13)
2. EFECTOS DE LAS DROGAS SOBRE EL RITMO CARDÍACO Y EL MOVIMIENTO DE DAPHNIA. (p13)

- a) alcohol
- b) sumial
- c) dezacor
- d) tetrazepan
- e) té (75%)+ menta (25%)
- f) manzanilla
- g) tila
- h) cafeína
- i) nicotina

3. EFECTOS DE LA MÚSICA SOBRE EL RITMO CARDÍACO Y EL MOVIMIENTO DE DAPHNIA. (p14)

4. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE DAPHNIA EN FUNCIÓN DE SU TAMAÑO SIN Y CON ESTÍMULO LUMINOSO FOCALIZADO. (p15)

5. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA ANTENA Y DEL CUERPO DE DAPHNIA. CÁLCULO DE LA ALTURA Y LONGITUD DE LA PIERNA EN HUMANOS. COMPARATIVAS. (p16)

6. INFLUENCIA DE UNA ALTA LUMINOSIDAD CON LUZ FRÍA (LED) EN DAPHNIA. (p16)

7. MOVIMIENTO DE LA PULGA SEGÚN LA DENSIDAD DE POBLACIÓN. (p16)

8. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL RITMO CARDÍACO EN DAPHNIA. (p17)

9. EVOLUCIÓN DE LA MUERTE DE DAPHNIA EN AUSENCIA DE AGUA. (p17)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. (p18)

1. ESTUDIO ANATÓMICO-FISIOLÓGICO PRELIMINAR DE LA DAPHNIA. (p18)
2. EFECTOS DE LAS DROGAS SOBRE EL RITMO CARDÍACO Y EL MOVIMIENTO DE DAPHNIA. (p23)
 - a) *alcohol*
 - b) *sumial*
 - c) *dezacor*
 - d) *tetrazepan*
 - e) *té (75%)+ menta (25%)*
 - f) *manzanilla*
 - g) *tila*
 - h) *cafeína*
 - i) *nicotina*
3. EFECTOS DE LA MÚSICA SOBRE EL RITMO CARDÍACO Y EL MOVIMIENTO DE DAPHNIA. (p37)
4. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE DAPHNIA EN FUNCIÓN DE SU TAMAÑO SIN Y CON ESTÍMULO LUMINOSO FOCALIZADO. (p39)
5. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA ANTENA Y DEL CUERPO DE DAPHNIA. CÁLCULO DE LA ALTURA Y LONGITUD DE LA PIERNA EN HUMANOS. COMPARATIVAS. (p42)
6. INFLUENCIA DE UNA ALTA LUMINOSIDAD CON LUZ FRÍA (LED) EN DAPHNIA. (p46)
7. MOVIMIENTO DE LA PULGA SEGÚN LA DENSIDAD DE POBLACIÓN. (p47)
8. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL RITMO CARDÍACO EN DAPHNIA. (p49)
9. EVOLUCIÓN DE LA MUERTE DE DAPHNIA EN AUSENCIA DE AGUA. (p51)

VI. ESTUDIOS PENDIENTES (p54)**VII. CONCLUSIONES. (p55)****VIII. BIBLIOGRAFÍA. (p56)**

I. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES SOBRE LA PULGA DE AGUA.

A) CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PULGA DE AGUA.

La pulga de agua, más conocida como dafnia por su nombre científico *Daphnia*, debe su nombre al gran parecido externo que tiene con la pulga verdadera, aunque la pulga de agua o daphnia (foto derecha) no es un insecto como la pulga terrestre (foto izquierda).



Es de todos conocido que las pulgas son pequeños insectos ápteros del orden *Siphonaptera*, parásitos externos que viven de la sangre de los mamíferos y los pájaros.

Algunas especies como la pulga del gato, del perro, de la rata del norte y de la rata oriental causan en sus hospedadores algunas molestias. Sin embargo, algunas personas y animales sufren una reacción alérgica a la saliva de la pulga produciéndose erupciones, la formación de unas zonas inflamadas y ligeramente elevadas que producen picor y que tienen un solo punto de picadura en el centro. Lo peligroso estriba en que pueden transmitir enfermedades, como fue la peste bubónica, transmitida entre roedores y humanos.

La **PULGA DE AGUA**, en cambio, es un crustáceo de agua dulce con la forma de una pequeñísima lenteja, cuya ecología no tiene absolutamente nada que ver con lo anteriormente descrito.

Existen distintas especies de pulga de agua, algunas extremadamente pequeñas con una longitud inferior al milímetro.

La pulga de agua *Daphnia magna* mide 2 mm en el caso del macho y 6 mm la hembra, es la especie de dafnia más frecuente. Esta especie vive de forma salvaje en Europa, África, Asia y América del Norte, se dice que es una especie cosmopolita.

Estos animalillos tienen una **vida corta**, puesto que la longevidad de la pulga de agua es de apenas 1 semana de vida, aunque esto varía bastante según la especie.

Habitan en medios acuáticos desde charcos a ríos y se alimentan esencialmente de fitoplancton, pudiendo también ingerir varias clases de detritus orgánicos como protistas y bacterias, así como materia orgánica particulada o disuelta. También

comen formas de levadura, pero sobre todo en laboratorios o ambientes controlados.

La división del cuerpo en segmentos es casi invisible. La **cabeza** está fundida, y doblada generalmente hacia abajo, hacia el cuerpo, con una muesca visible que separa los dos. En la mayoría de las especies el resto del cuerpo está cubierto por un caparazón con un boquete ventral de donde asoman los cinco pares de patas (recordemos que son decápodos).

Poseen un único **ojo** compuesto y un par de **antenas**. En muchas especies, el caparazón es translúcido o casi, con lo cual son organismos excelentes para ser observados al microscopio: aparato digestivo, aparato locomotor, ojo, antenas, maduración de la cría en la bolsa, corazón...

El **corazón** está justo detrás de la cabeza y su ritmo cardíaco medio es aproximadamente 180 ppm bajo condiciones normales. *Daphnia*, como muchos animales, es propensa a la intoxicación etílica, hecho que lo hace una herramienta muy interesante para el estudio de los efectos de las drogas. Se puede estudiar cómo las mismas influyen en su ritmo cardíaco.

El batido de las patas produce una corriente constante a través del caparazón que arrastra una corriente de agua hacia la zona digestiva. Las partículas atrapadas del alimento forman una especie de *bolo alimenticio* que baja por su **sistema digestivo** siendo digerido. Los materiales inservibles son eliminados a través del ano situado en la superficie ventral del accesorio terminal.

El primer y segundo par de **patas** se utilizan en el filtrado de los organismos de que se alimenta, asegurando que aquellas partículas grandes que no puedan ser absorbidas se queden fuera. Los otros pares de patas crean la corriente del agua que acomete el organismo.

El **nadar**, por otra parte, es accionado por las antenas, el cual es el responsable del característico movimiento saltatorio de la pulga de agua.

Ciertos estudios científicos han probado que aun cuando podría parecer que este organismo tendría cabida en el reino Protocistas, en realidad tiene características claras que lo incluyen en el reino Animalia.

B) UTILIDAD DE LA CRÍA DE LA PULGA DE AGUA COMO ALIMENTO PARA PECES Y COMO BIOINDICADOR.

La pulga de agua es un alimento ideal para peces de agua dulce. De hecho, las pulgas de agua o dafnias constituyen la parte más importante del zooplancton de agua dulce, por lo que son la base de la cadena alimentaria de muchos peces de agua dulce.

Por otro lado, las pulgas de agua dulce tienen un contenido en ácidos grasos Omega 3 nada despreciable. Los ácidos grasos Omega 3 son importantes para el desarrollo de los peces, sobre todo del sistema nervioso, durante las fases de crecimiento.

Sin embargo, el gran contenido en agua de estos pequeños crustáceos hace que no sean muy ricos en proteínas.

El pequeño tamaño de la pulga de agua es una característica que la hace muy adecuada para la alimentación de las crías de peces o alevines junto con otro tipo de alimento vivo como los nauplios de artemia.

Otra utilidad de las dafnias, que se aparta del mundo de la acuariofilia, es la utilización de estos crustáceos por parte del ser humano como indicador natural de la contaminación del medio ambiente (**bioindicador**). La pulga de agua de la especie *Daphnia magna* se utiliza en el desarrollo de tests para determinar la contaminación de las aguas. La particularidad de las pulgas de poder vivir solamente bajo unas condiciones ambientales muy determinadas (son animales estenoicos) es la que les hace útiles a las dafnias como indicadores de las condiciones en las que se encuentran los medios donde viven.

Sirva de ejemplo el caso de Suiza. Allí las dafnias vigilan a partir de ahora la calidad del agua potable que beben cada día los cientos de miles de habitantes de la ciudad de Zúrich, la más poblada de este país, y de otros 67 municipios.

Según los servicios industriales de Zúrich, esos pequeños crustáceos de agua dulce son "mucho más sensibles" a la presencia de materias contaminantes y a sus variaciones mínimas que los sistemas electrónicos de detección.

Con ese sistema de 'biovigilancia', totalmente novedoso en Suiza, se podrá controlar y alertar sobre eventuales concentraciones de contaminantes en las aguas subterráneas y en las de los lagos Lengg y Moos, que suministran en agua potable a los habitantes de Zúrich y de otros municipios de la región.

La ciudad de Zúrich que ya utilizaba desde hace 30 años un sistema similar con truchas, que son, según los expertos, menos sensibles que las pulgas de agua.

C) REPRODUCCIÓN DE DAPHNIA.

Esta es la faceta más compleja de la vida de este pequeño ser. La Daphnia se multiplica de varias formas, de acuerdo con las estaciones y la densidad de población.

Puede tener un tipo de **reproducción partenogénica** (asexual) donde no suelen aparecer machos. Esta es la reproducción más rápida porque no necesita de fecundación. En el plazo de pocos días se descargan en el agua jóvenes pulguitas (la Daphnia no presenta una fase de larva) y así sucesivamente. La reproducción por partenogénesis se lleva a cabo cuando las condiciones del medio son las más adecuadas para la vida de las pulgas de agua y es la responsable de la formación de grandes números de dafnias agrupados en enjambres.

También se puede multiplicar de **forma sexual** (aquella en la que hay fecundación y la participación de ambos sexos) como sistema de defensa frente a las condiciones adversas del medio, por ejemplo cuando la cantidad de comida disminuye o cuando la charca donde viven está demasiado poblada, y como método para su dispersión hacia otros puntos de agua. En determinadas épocas, el observador atento puede descubrir en sus capturas otro tipo de huevo. Los llamados huevos latentes o permanentes, que no se desarrollan tan rápidamente como el anterior. Estos huevos pueden aguantar mucho tiempo sin agua y son capaces de resistir el ataque de los jugos gástricos de los animales gracias a que las dafnias desarrollan a partir de la cámara incubadora el epipio, una estructura que sirve para proteger a los huevos. El epipio de las pulgas de agua permite además que los huevos queden adheridos a las plumas de las aves que van a beber en la charca donde viven estos animales. En este tipo de reproducción aparece un mayor porcentaje de machos.

II. OBJETIVOS

Como es lógico, en nuestra primera incursión sería en el mundo de la ciencia, lo que buscamos principalmente es aprender a aplicar el método científico en todos sus apartados.

Por otro lado también es objeto del estudio conocer más a fondo, a partir de una investigación *in situ* e "*in labo*", las características de este animal tan peculiar, del que ni siquiera sabíamos que existía. Desde luego, una vez adentrados en materia hemos de reconocer que se trata de una excelente herramienta para la didáctica de la Biología en los institutos.

Son múltiples las líneas de investigación que hemos abierto y la multitud de ellas que quedan por abrir y que constantemente se nos ocurren. Al principio nos deslumbró poder apreciar todo lo que ocurre en su exterior debido a su transparencia. Por ello empezamos con un primer estudio anatómico-fisiológico.

A continuación el hecho de que viéramos el latir de su corazón y, basándonos en estudios preliminares en diversos institutos americanos nos pareció interesante averiguar cómo influyen las drogas en su ritmo cardíaco. Ampliamos el estudio fijándonos no sólo en el corazón, sino también en el movimiento de las patas de la pulga, de su urópodo y de sus antenas según la droga en cuestión. Es más, incluso diferenciamos entre los dos sexos, por si el género pudiese influir en la respuesta del organismo.

¿Podrán oír estos crustáceos? Decidimos probar a ver si su comportamiento cambiaba ante una audición de rock como la del grupo *Guns & Roses*.

¿Y cómo les influye la luz, la temperatura, la densidad de la población? ¿A qué velocidad se desplazan? ¿Lo hacen más rápidamente ante la presencia de un estímulo o no? Puesto que se desplazan merced a sus antenas, ¿qué proporción hay entre éstas y su cuerpo y cómo compara respecto a los humanos con nuestras piernas y nuestra altura?

¿Cómo es el proceso de su muerte, lento o rápido? ¿Cómo varían en el tiempo su ritmo cardíaco y sus movimientos?

Estos y otras más son algunas de las cuestiones que hemos abordado con mayor o menor profundidad y son múltiples los campos pendientes de escrutar.

En definitiva, nos sentimos privilegiados de haber podido aprender tantas cosas en tan poco tiempo, aunque eso sí, invirtiendo mucho tiempo y esfuerzo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

GENERALIDADES EN LA MANIPULACIÓN DE DAPHNIA.

Partimos de un cultivo de *Daphnia sp.* (creemos que se trata de *Daphnia magna* por las dimensiones de la pulga, pero no lo podemos afirmar). En otro apartado se destaca cómo la capturamos y cómo la cultivamos.

Para sacar las pulgas de la pecera utilizamos pipetas de plástico y pipetas Pasteur con la punta seccionada para lograr un diámetro mayor tal que la pulga al ascender por ella no sufriera daño. Acto seguido las colocábamos en placas de Petri, en placas de cultivo celular de 6 pocillos o directamente en el portaobjetos para su observación al microscopio óptico. Éste se encontraba conectado a una cámara interna con capacidad para la filmación de vídeos.

Los portaobjetos eran especiales, con una depresión cóncava en el centro. Con objeto de no estresar a la pulga en un volumen pequeño de agua, realizamos las mediciones lo más rápidamente posible para que no se calentara debido a la lámpara del microscopio y para que no se le agotara el oxígeno de que disponía. Por otro lado una vez colocada en el portaobjetos siempre le dimos un minuto para que se aclimatara a la nueva situación y se tranquilizase antes de proceder a la recogida de datos.

El cronómetro y el agua destilada estaban presentes en todo momento.

RECOLECCIÓN DE LA CEPA

La daphnia vive en aguas estancadas, como lagos y estanques, pero también en puntos de agua más pequeños, como canales de regadío e incluso en pequeños charcos.

La *Daphnia magna* vive en aquellas zonas donde el agua tiene una gran cantidad de minerales debido a la eutrofización. Muy probablemente las pulgas de nuestro trabajo correspondan a dicha especie. La recolección la efectuamos en diversos lugares (Jardín Canario, Tamaraceite,...) pero al final la que tomamos como buena procedió de una charca de Santa Brígida. Se anexa una foto de la misma al principio de mayo, con la charca en pleno proceso de secado.



Aunque no es lo más frecuente, también existen determinadas pulgas de agua, o mejor dicho, cladóceros que viven en el mar, en las zonas más cerradas cerca de la costa, como estuarios o bahías

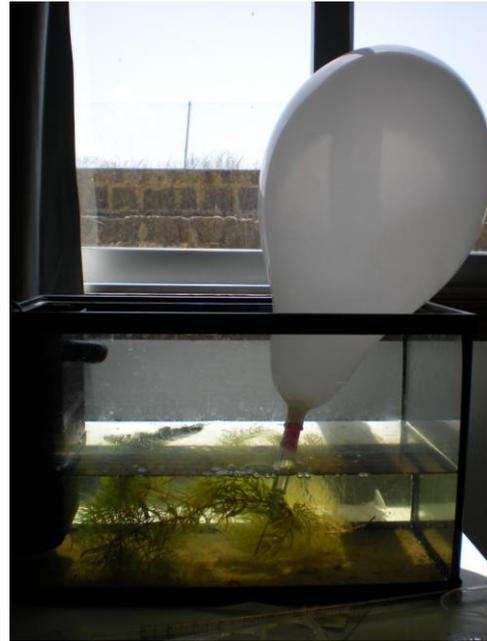
Para capturarlas empleamos un embudo con un filtro o malla fino (ver fotos).



MANTENIMIENTO DE LA CRÍA DE LA PULGA DE AGUA.

Para llevar a cabo el estudio hemos cultivado a las pulgas en una pecera en el laboratorio de Biología. Por lo que hemos leído es necesario conectarle de vez en cuando un difusor para que el agua no sea pobre en oxígeno. Para ello, con ayuda de un fuelle de una bicicleta, inflábamos un globo que conectábamos a una jeringuilla a la que previamente le habíamos quitado el émbolo y que a su vez disponía de una aguja fina. Acto seguido lo colocábamos en la pecera y el aire salía lentamente durante una o dos horas, dependiendo de la aguja. Como quiera que este proceder era un tanto latoso, optamos por introducir unas plantas acuáticas en la pecera, de manera que a la vez que le proporcionaban oxígeno al medio, también podía servirles de alimento a las pulgas cuando se morían y criaban bacterias.





La iluminación es un factor que se debe tener en cuenta para llevar a cabo la cría de este crustáceo. Debe incidir la luz solar uniformemente y se debe respetar un ritmo diurno correcto. Para ello sin duda lo más apropiado fue colocar la pecera al lado de la ventana, sin cerrar las cortinas en ningún momento.

La temperatura del agua de la pecera osciló entre los 17°C y los 22°C, siendo el pH neutro (pH=7).

ALIMENTACIÓN DE LA PULGA DE AGUA.

La pulga de agua es un depredador que se alimenta filtrando el agua de algas, detritus y bacterias. En ningún momento le añadimos otra comida que no fuera la que suponían las propias plantas acuáticas que se encontraban en la charca y las algas microscópicas resuspendidas en ella.

ESTUDIO DEL RITMO CARDÍACO Y DEL MOVIMIENTO EN DAPHNIA.

Daphnia es un crustáceo ectotérmico de cuerpo transparente. Debido a su transparencia podemos observar los efectos de diferentes sustancias sobre él de una manera sencilla. Su corazón es fácilmente observable en la parte dorsal, por la espalda, justo detrás de la cabeza (Helms, 1998). Las pulsaciones por minuto en las pulgas están comprendidas por término medio entre 200 y 350. Observaremos los efectos que sobre el corazón de la pulga tienen las diferentes drogas, la temperatura, la música y la luz.

En todos estos casos se investigará igualmente cómo influyen las características del medio en el movimiento de la pulga, tanto respecto a la cantidad de brazadas que ejecuta gracias a sus antenas, como respecto al movimiento de sus patas, distinguiendo entre las patas traseras y las centrales localizadas en la zona abdominal.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS DIFERENTES DROGAS UTILIZADAS.

En cuanto a las drogas partimos de la información disponible en los diferentes medios, mayoritariamente referida a humanos y otros vertebrados. A continuación se comentan brevemente algunos aspectos respecto a las mismas.

* El *alcohol* es un depresor, es decir, provoca que el cuerpo se enlentezca, se ralentiza cuando se introduce alcohol, en concreto el ritmo cardíaco baja considerablemente. Si se introduce demasiado alcohol se provocará la muerte del animal. El alcohol actúa inhibiendo el sistema nervioso (La Fave, 2003).

* El *sumial* es un medicamento cuyo principio activo es propranolol (como hidrocloreuro) que pertenece al grupo de los betabloqueantes, que actúan a distintos niveles dentro del cuerpo incluido el corazón. Está indicado para el tratamiento de la presión arterial elevada, en el tratamiento del dolor en el pecho (angina), para controlar los latidos irregulares de corazón, para el tratamiento de los síntomas de la ansiedad, etc. ¿Será capaz de enlentecer las pulsaciones por minuto (ppm) en las pulgas?

Tanto para este medicamento como para otros, el principio activo no se presenta aislado sino con otros componentes (excipientes), tales como hipromelosa, glicerol, dióxido de titanio, carmín, lactosa, calcio, etc., por lo que en el caso de que en el experimento se apreciase algún efecto sobre la pulga siempre nos quedará la duda de si se debe propiamente al principio activo o a los excipientes o a la combinación de ambos.

* El *tetrazepan* está indicado para los siguientes casos: síndrome de espina cervical, síndrome de brazo-hombro, lumbago, isquialgia, reumatismo muscular, migrañas, ...y tiene un uso frecuente como miorrelajantes o antidepresivos.

* El *dezacor* (principio activo: deflazacort) es un corticoide que está indicado principalmente para el tratamiento de enfermedades reumáticas y del colágeno, reacciones alérgicas tales como asma bronquial que no responda a la terapia convencional, ciertas afecciones de la piel y algunas enfermedades de la sangre, los riñones, el hígado, los ojos y del aparato respiratorio y digestivo.

* Las infusiones las hay varias: del tipo estimulantes como puedan serlo la *menta* y el *té* o del tipo tranquilizante, como ocurre con la *manzanilla* y la *tila*. Su uso cotidiano e inofensivo pero gratificante nos sirvió de acicate para su estudio en *Daphnia*.

* La *cafeína* es un estimulante. Activa al sistema nervioso para que trabaje más rápidamente. También provoca la constricción de los vasos sanguíneos (La Fave, 2003). Estos efectos conjuntamente provocan un incremento del ritmo cardíaco en animales. Bajo condiciones normales, el ritmo cardíaco debería de subir si añadimos más cafeína, hasta cierto punto por encima del cual la cafeína provocará la parada del corazón.

* La *nicotina*, al contrario de lo que se cree, no tiene efectos relajantes. Se trata de un estimulante y se encuentra en el tabaco. Intentaremos comprobar si posee los mismos efectos en la pulga de agua.

INFLUENCIA DE LA LUZ EN EL COMPORTAMIENTO DE DAPHNIA.

Una vez descubierto la atracción que sienten las pulgas hacia la luz (tienen fototropismo positivo) decidimos demostrar experimentalmente que esto era así, al igual que esto permitía cronometrar su velocidad de desplazamiento hacia dicho estímulo. Comparamos de paso cómo era esta velocidad respecto a la que se producía de forma normal sin estímulo luminoso puntual. Sea dicho de paso que las pulgas constan de un único ojo que le sirve de órgano receptor para dicho estímulo.

Por otro lado quisimos saber si la exposición de la pulga a una luz intensa durante un determinado tiempo era capaz de provocar cambios apreciables en su ritmo cardíaco y en sus movimientos. Para ello, conscientes de que la luz de los microscopios del laboratorio era incandescente y por tanto productora de bastante calor, decidimos obviarlos y sustituirlos por otro nuevo que nos llegó este año provisto de luz "fría", luz LED, que apenas emite calor. De esta manera nos asegurábamos de eliminar la variable "calor" para centrarnos exclusivamente en la de "luminosidad".

EL SEXO DE LA PULGA DE AGUA.

En principio para todas las pulgas y especialmente para la *Daphnia magna* el sexo femenino se diferencia del masculino por su mayor tamaño y porque cuando están embarazadas se aprecian perfectamente las crías en el interior de la madre, concretamente en la que sería su espalda. En ocasiones se aprecian los huevos, en otras se ve incluso a las crías ya totalmente formadas, listas para salir.



En nuestros ensayos hemos procurado tomar nota del sexo del individuo para averiguar si los individuos de un sexo son más sensibles que los del otro a determinados estímulos o drogas.

IV. PROCEDIMIENTOS

1. ESTUDIO ANATÓMICO-FISIOLÓGICO PRELIMINAR DE LA DAPHNIA.

En primera instancia procedimos a familiarizarnos con este organismo a través de la observación una vez que ya habíamos leído abundante información sobre este organismo tan particular. Seguimos pues el método científico. Horas de observación a "simple vista", a la lupa y al microscopio, apoyados en sistemas de captura con videocámaras nos permitió certificar lo leído. Lo bueno es que esto por sí sólo ya resultaba tremendamente interesante e instructivo.

2. EFECTOS DE LAS DROGAS SOBRE EL RITMO CARDÍACO Y EL MOVIMIENTO DE DAPHNIA.

a) ALCOHOL

Una vez capturada la pulga de la pecera (ver fotos), se colocó en un portaobjetos con depresión con agua destilada y se esperó 1 minuto a que la pulga se tranquilizara. A continuación se retiró el agua con una pipeta Pasteur y se filmó en el microscopio sus ppm/10s y sus movimientos/10s, que fueron analizados a posteriori a cámara lenta. Este sería nuestro control.



A continuación se procedió con dos experiencias distintas: En un caso se introdujo la misma pulga en soluciones de alcohol de distintos porcentajes (de menos a más concentradas), se le dejaba un tiempo determinado sometido a la droga y se registraban las filmaciones en el microscopio.

En el otro caso, una misma pulga era analizada a intervalos de tiempo en una misma concentración de alcohol.

iiiiHay que resaltar que los experimentos se han realizado en todas las experiencias en repetidas ocasiones, siendo los resultados muy similares, lo que apunta al efecto real de la droga sobre la pulga. En los casos donde apenas se han estudiado pocos individuos se comentarán en su momento oportuno para que el lector tenga en consideración la incertidumbre del mismo!!!

b) SUMIAL

Se realizó el mismo proceder que el descrito para el alcohol. Se tomó 1 pastilla de Sumial (10mg) que se resuspendió en 5ml de agua destilada. Tras centrifugarse

para separar la parte no disuelta se interpretó el sobrenadante como una solución de 2mg/ml, que denominamos "Solución del 100%". Somos conscientes que realmente tenemos una concentración inferior a los 2mg/ml pero nos es imposible conocer cuánto exactamente.

c) DEZACOR

Se siguió el procedimiento descrito con el alcohol. En cuanto a la droga, se disolvió una pastilla de 30mg en 5ml de agua destilada. Tras su centrifugado tomamos el sobrenadante, que interpretamos que contenía 6mg/ml, y que como en el caso del Sumial denominamos "Solución al 100%".

d) TETRAZEPAN

Ídem que en casos anteriores. En cuanto a la droga se disolvió 1/8 de la pastilla de 50mg en 5ml de agua destilado, obteniéndose una solución del 100% que interpretamos que tenía una concentración de 1,2mg/ml.

e) TÉ (75%)+MENTA(25%)

Ídem que en casos anteriores. La solución testada fue obtenida de la siguiente manera: A 150ml de agua destilada recién hervida le añadimos una bolsa de infusión durante 2 minutos removiendo constantemente. Esa sería nuestra infusión al 100%.

f) MANZANILLA

Ídem que con el té.

g) TILA

Ídem que con el té.

h) CAFEÍNA

Ídem que con el alcohol. Se tomó una pastilla de Durvitan (300mg) que se disolvió en 15ml de agua destilada hirviendo. Tras centrifugar consideramos al sobrenadante como nuestra solución del 100%, con una concentración de 20mg/ml.

i) NICOTINA

Ídem que con el alcohol. Se deshizo un cigarrillo en 75ml de agua destilada y se mantuvo la mezcla durante 1 hora. El resultado del filtrado se interpretó como nuestra solución de 100% nicotina.

2. EFECTOS DE LA MÚSICA SOBRE EL RITMO CARDÍACO Y EL MOVIMIENTO EN DAPHNIA.

Nos pareció que si el título del trabajo llevaba las palabras "Rock & Roll" (por aquello del movimiento de la pulga) no estaría de más ver cómo se comportaba el cladóceros ante un estímulo sonoro, que no es otra cosa que una onda. Así que elegimos la canción del famoso grupo de los años 70 *Guns & Roses* de su libro *Chinese Democracy* para el ensayo.

Se capturó a la pulga de la pecera y se la colocó en un volumen de 5ml del propio agua de la pecera alojado en un pocillo de 3,8cm de diámetro. Se esperó 1 minuto a que se familiarizara con el entorno y se tomaron los datos de sus brazadas (merced al movimiento de sus antenas) cada 30 segundos, dos tomas. Acto seguido se pasó la pulga al portaobjetos y se determinó sus ppm/10s.

Se devolvió a la pulga al pocillo y se le puso la música a un volumen bastante alto (escala 12 de 16 posibles del ordenador + 4 de 10 del altavoz). Se colocó el altavoz

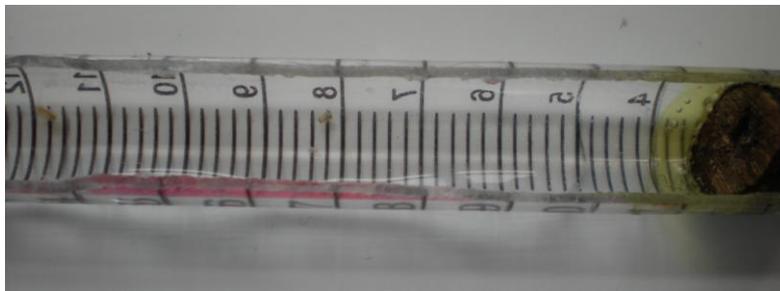
lo más cerca posible de la pulga y se tomaron los datos de sus brazadas/30s al minuto 1:15 y al minuto 2:30 (de los 3:29 que duraba la canción).

Inmediatamente después se colocó la pulga en el portaobjetos y se determinó sus ppm/10s. Después se volvió a poner a la pulga en el pocillo y se contabilizó las brazadas/30s que realizó.

El control se obtuvo realizando exactamente las mismas maniobras salvo la de encender la música.

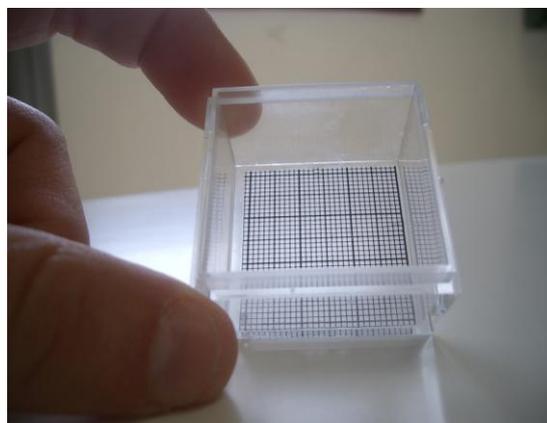
4. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE DAPHNIA EN FUNCIÓN DE SU TAMAÑO SIN Y CON ESTÍMULO LUMINOSO FOCALIZADO.

En primer lugar tuvimos que construir un recipiente donde la pulga pudiese nadar de forma lineal y que a su vez nos diera una pista de cuántos cm se había desplazado. Lo hicimos seccionando por su mitad longitudinal a una pipeta de plástico de 25ml (ver foto).



Se capturó a una pulga de agua de la pecera y se colocó en la pipeta seccionada con un volumen considerable de agua de la misma pecera. A continuación se contó el tiempo transcurrido en desplazarse ininterrumpidamente una distancia de unos 4cm o más. El artificio se colocó enfrente de la ventana, por lo que no podemos hablar de ningún foco luminoso puntual. Se tomaron entre 4 y 10 mediciones por pulga y se calculó el valor medio a continuación.

Para calcular el desplazamiento de la pulga ante un estímulo focalizado procedimos como sigue. Trasladamos la pecera a un cuarto oscuro y colocamos en uno de sus extremos una linterna LED (ver foto). El movimiento de las pulgas hacia la luz era patente e inmediato y en base a ello aprovechamos para medir su velocidad ininterrumpida tomando los datos de la distancia recorrida y el tiempo empleado.



En todos los casos, las pulgas que participaron en las "carreras" fueron capturadas, colocadas en un recipiente de cristal milimetrado (ver foto) y fotografiadas en el microscopio para ser medidas.

5. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA ANTENA Y DEL CUERPO DE DAPHNIA. CÁLCULO DE LA ALTURA Y LONGITUD DE LA PIERNA EN HUMANOS. COMPARATIVAS.

Se capturaron los ejemplares de pulga, se colocaron sobre un portaobjetos y se fotografiaron para medir posteriormente la longitud de sus antenas con respecto a la de su cuerpo. Este último se midió siempre desde la parte más exterior del ojo hasta la parte trasera de donde sale la especie de "pincho" o protuberancia. A fin de cuenta lo que nos interesaba era conocer la proporción entre ambos parámetros.

Para el caso humano la altura se midió distintos alumnos y alumnas de nuestro instituto utilizando el metro (ver foto). Para fijar un criterio común, la longitud de la pierna se midió desde el suelo estando el individuo descalzo hasta donde está la cabeza del fémur. Una vez calculada la proporcionalidad se comparó con la de la pulga.



6. INFLUENCIA DE UNA ALTA LUMINOSIDAD CON LUZ FRÍA (LED) EN DAPHNIA.



Se captura a la pulga de la pecera y se la coloca en un portaobjetos con una depresión central. Se la deja calmarse durante 1 minuto y a continuación se mide por dos veces el número de brazadas/30s. Después se observa al microscopio y se filma durante 10s con luz LED mínima y diafragma del microscopio cerrado para determinar sus ppm. A esto lo consideramos "sin luz" (ver foto).

Después se añaden unas gotas al portaobjetos, se sube al máximo el regulador de luz del microscopio y el diafragma se abre totalmente. A los minutos 2 y 5 de estar con máxima luz se filma a la pulga para calcular sus ppm/10s y se contabilizan las brazadas/30s.

7. MOVIMIENTO DE LA PULGA SEGÚN LA DENSIDAD DE POBLACIÓN.

Se captura a la pulga de la pecera, se la coloca en un pocillo de 3,8cm de diámetro con 5ml de agua de la pecera y se espera 1 minuto a que se calme. Se determina por dos veces el número de desplazamientos que realiza en 30s (gracias a sus

antenas). Esto se repite más de diez veces con distintas pulgas. En todo momento la pulga está sola en el pocillo.

Después procedemos de igual forma para tener nuestro control. Esa misma pulga después la introducimos en un pocillo donde se encuentran otras 6 ó 10 pulgas y sin perderla de vista contabilizamos su número de desplazamientos como se comentó con anterioridad. Se comparan los resultados de cuando estaba sola y acompañada.



8. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL RITMO CARDÍACO EN DAPHNIA.

Se realizaron dos experiencias distintas:

En la primera se capturó a una pulga que se introdujo en un vaso de precipitados de 50 ml con agua destilada a 17°C. Allí se mantuvo durante 1min, tras el cual se midió sus ppm/10s en el microscopio. Después se introdujo la misma pulga a 5°C durante 1min y se calculó otra vez las ppm. Ídem con las temperaturas 33°C y 50°C.

En la segunda experiencia se cogieron 4 pulgas, tal que cada una se puso en un vaso de precipitados de 50ml de agua pero con diferentes temperaturas (5-17-30-40°C) y se midió sus respectivos ritmos cardíacos a tiempo 0min-5min-30min.

9. EVOLUCIÓN DE LA MUERTE DE DAPHNIA EN AUSENCIA DE AGUA.

Una vez capturada la pulga, se puso sobre el portaobjetos y se absorbió con una pipeta Pasteur prácticamente toda el agua que había. ¡En ningún momento se empleó una servilleta o papel absorbente!! Se observó al microscopio LED y se tomaron a tiempo 0 min los valores de ppm y de movimiento, que serían nuestros valores de control.

Se dejó el portaobjetos en el microscopio y se midieron los mismos parámetros a intervalos de 5 min hasta llegar a la hora o más.

V. RESULTADOS

1. ESTUDIO ANATÓMICO-FISIOLÓGICO PRELIMINAR DE LA DAPHNIA. ***SON TRANSPARENTES: ¿QUÉ SE VE?***

Resaltamos algunas observaciones que hemos hecho que per se sirven para explicar multitud de temas que se imparten en el currículo escolar, en especial en 3º de la ESO y 1º de Bachillerato.

APTO DIGESTIVO.

En la fotografía se observa perfectamente el tubo digestivo, que arranca en la cabeza (boca), sufre un giro de 90 grados y continúa por el dorso en línea recta hasta llegar al extremo posterior, donde sufre otra desviación de 90 grados y termina en el ano.

Se aprecia perfectamente cómo el primer tramo tiene una coloración verde debido a la ingesta de algas unicelulares (fitoplancton). A medida que van siendo digeridas sus nutrientes son absorbidos, y la coloración del material que circula por el tubo digestivo empieza a tornarse marrón-negruzca ya que entonces lo que quedan son los productos de desecho, aquellos que no fueron absorbidos. Obviamente, todo esto se observa aún mejor con el individuo moviéndose en el pocillo del portaobjetos.



ANTENAS.

Se aprecia que tienen un par de antenas, que tanto en la pecera como en el pocillo evidencian que representan su órgano locomotor, ya que son las que le permiten desplazarse en el agua con movimientos bruscos de arriba hacia abajo.

CABEZA.

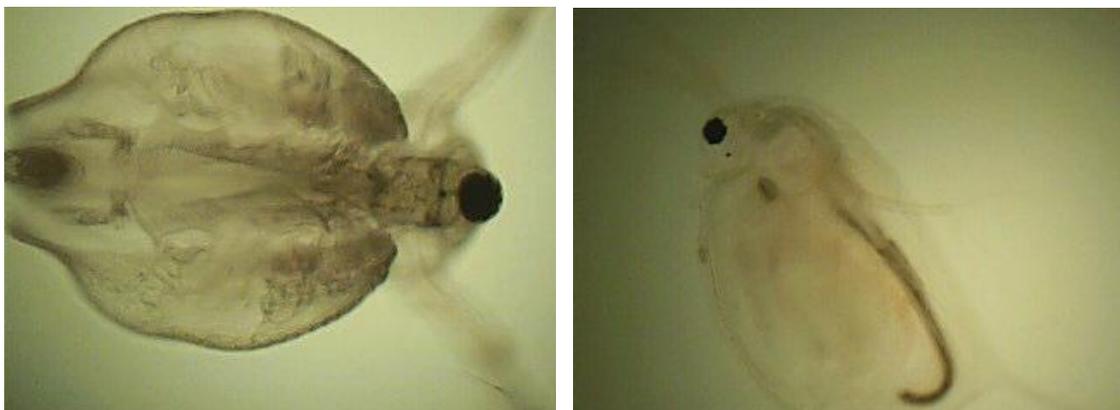
Como dice el refrán, "Más vale una imagen que mil palabras". En la foto inferior se aprecia con claridad el enorme parecido que tienen la cabeza del ciclista con su casco aerodinámico y la pulga de agua con su "cabeza hidrodinámica". Se trata por tanto de un fenómeno que "ecológicamente hablando podríamos calificar de "convergencia adaptativa" en cuanto a superar un problema (la resistencia que presenta un medio – el aire o el agua -al desplazamiento) con una estrategia similar.



OJO.

Como quiera que normalmente se aprecia de lado a la pulga tenemos la firme idea de que posee dos grandes ojos, pero si hacemos un estudio concienzudo y la observamos en posición ventral comprobamos que son seres monoculares. Eso sí, el ojo es de proporciones enormes, tal que va de lado a lado de la cabeza y puede contemplar a su vez todo lo que circule por debajo. La literatura afirma que se trata de un ojo compuesto. Se aprecia también que el borde del ojo no es totalmente circular, sino que presenta una serie de irregularidades a modo de hexágonos en los bordes (entendemos que se corresponden con el hecho de que el ojo sea compuesto).

A *priori* intuíamos que el organismo **al ser monocular carecería de visión estereoscópica** y que, por tanto, carecería de la capacidad de poder calcular distancias. Sin embargo, dado que el ojo es compuesto y abarca buena parte de la cabeza, no lo descartamos. Lo cierto es que, una vez más, sirve para introducir el término en el aula como herramienta didáctica.



VALVAS Y PATAS.

Las fotos anteriores y más concretamente las grabaciones de vídeo evidencian que el caparazón que cubre al animal está abierto en su parte ventral, en cuyo seno se alojan los 5 pares de patas que tienen (son decápodos). Por norma general, las patas suelen tener un movimiento constante, que avala su funcionalidad de atraer una corriente de agua hacia su aparato digestivo. Esto lo hemos podido constatar colocando una gota de colorante en la proximidad del batido de sus patas y hemos observado cómo el mismo va paulatinamente acercándose hacia las valvas para terminar penetrando en su interior.

Hacemos pues un mini-estudio de sus extremidades, resaltando el dato de que las patas no le facilitan su desplazamiento!!, sino que son el vehículo para atraer las partículas alimenticias.

REPRODUCCIÓN y POBLACIONES.

En las fotos inferiores se observa a la izquierda un macho (por su menor tamaño) y a la derecha una hembra –de mucho mayores dimensiones-, que alberga en su dorso una cría bastante desarrollada.



En ocasiones se aprecian los huevos, en otras se ve incluso a las crías ya totalmente formadas a punto de eclosionar (ver los tres estadios en las fotos inferiores). Es cierto que no tuvimos ocasión de presenciar “un parto”, con lo que desconocemos si ello implica la muerte de la madre, o no. Es uno más de los apartados que está pendiente de estudio.



La reproducción de estos cladóceros nos sorprendió sobremanera, ya que conocíamos la reproducción sexual y la asexual, pero jamás habíamos oído hablar de la partenogénesis como variante de la reproducción asexual. Y más llamativo aún nos pareció el hecho de que según las estaciones y la densidad de la población el organismo pudiera multiplicarse de una u otra manera.

Nos resulta llamativo haber descubierto que en condiciones óptimas, la reproducción es por partenogénesis, prescindiendo las hembras de la fecundación. Consiguen así aumentar rápidamente el número de individuos, que a su vez suelen ser hembras. Interesa aumentar rápidamente la población y ésta es sin duda la vía más rápida.

¿Pero y si las condiciones del medio empiezan a ser adversas -escasez de comida, superpoblación...? Entonces sí que se acude a la reproducción sexual, ya que ésta podrá generar variabilidad en la población, sobre la cual está actuando el medio seleccionando a los individuos que mejor se adapten a las nuevas condiciones ambientales.

Nuevamente recibíamos otra clase de biología: esta era de la selección, evolución, genética de poblaciones y reproducción.

Llegados a este punto nos preguntamos si el tamaño del individuo importaría a la hora de la copulación.

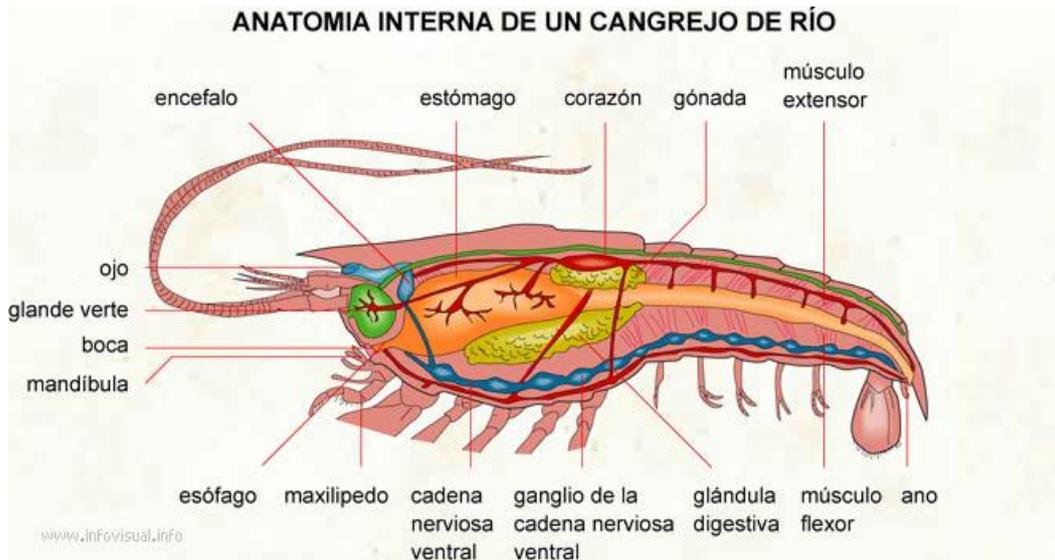


En la foto y en el vídeo correspondiente se puede apreciar que aparentemente NO, el tamaño no importa. De hecho se aprecia cómo un macho de escasas dimensiones copula con una hembra muchísimo mayor que él, que además está “embarazada” de al menos dos pulguitas. Desde el punto de vista didáctico, poder observar el momento de la reproducción nos parece fascinante y un privilegio haber podido filmarlo.

CORAZÓN.

Sabemos que en los crustáceos, el sistema circulatorio es el típico de los artrópodos, es decir, un **sistema abierto**, pero el corazón es una vesícula compacta. Esto se aprecia con claridad en el dibujo inferior referido a la anatomía de un cangrejo de río.

¿Qué ocurre con nuestra pulga de agua? Gracias a la transparencia de su caparazón se aprecia perfectamente el bombeo del corazón. Parecen intuirse un vaso sanguíneo procedente de la cabeza, pero no está claro. Lo que sí está claro es que probablemente el corazón libere el fluido hacia un sistema lagunar, de donde sería posteriormente drenado por otros vasos. El material resulta harto útil, ya que sirve para introducir el concepto de circulación abierta, también novedosa para nosotros y que estudiamos en la anatomía comparada de 1º Bachillerato.

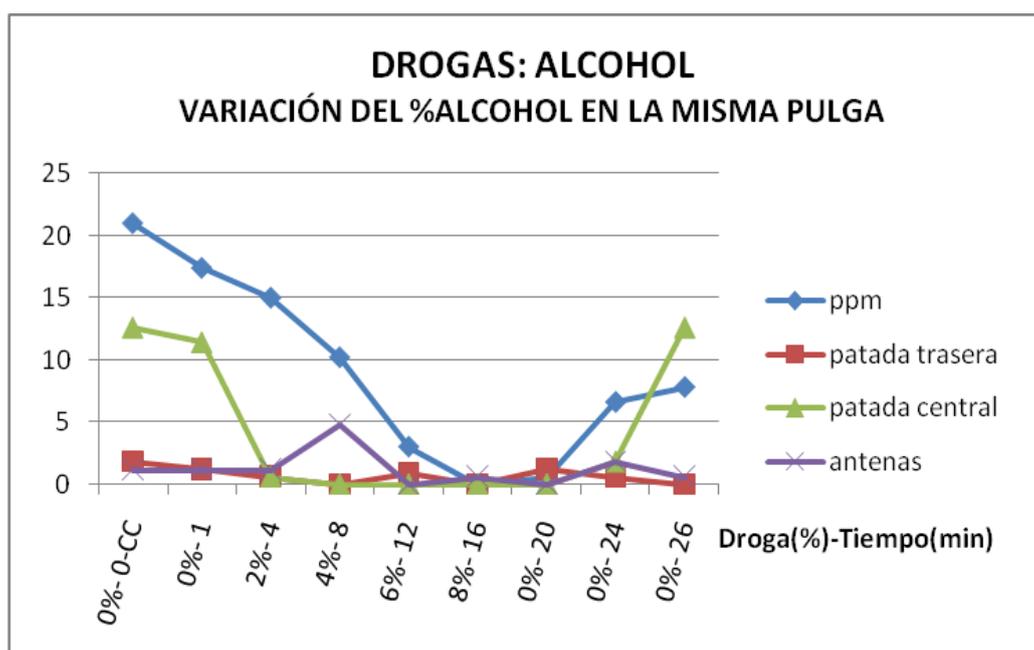


El poder observar tan claramente el latido cardíaco nos permite contabilizar las pulsaciones por minuto. Al principio pensamos que se trataría de una empresa fácil, pero nada más lejos de la realidad. El latido es tan veloz, que para poder contarlo con fiabilidad nos vimos obligados a filmar a la pulga y, una vez ralentizada la película, proceder al contaje.

2. EFECTOS DE LAS DROGAS SOBRE EL RITMO CARDÍACO Y EL MOVIMIENTO DE DAPHNIA.

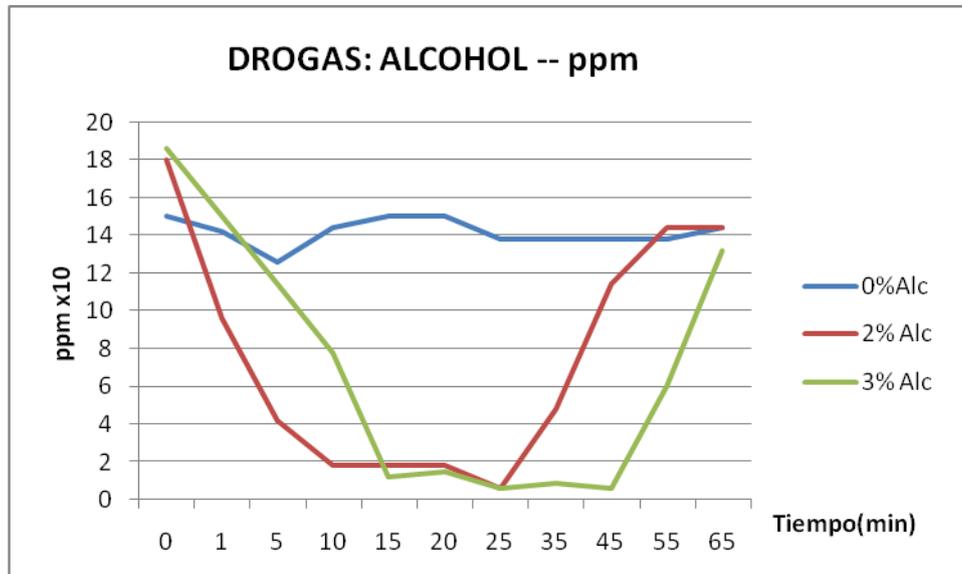
a) ALCOHOL

Droga(%)- Tiempo(min)	pp m x10	(patada trasera/min)x10	(patada central/min)x10	(antena izqda/min) x10	(antena dcha/min) x10
0%- 0-CC	21	1,8	12,6	1,2	1,2
0%- 1	17,4	1,2	11,4	1,2	1,2
2%- 4	15	0,6	0,6	1,2	1,2
4%- 8	10,2	0	0	4,8	4,8
6%- 12	3	0,9	0	0	0
8%- 16	0	0	0	0,6	0,6
0%- 20	0,6	1,2	temblor	0	temblor
0%- 24	6,6	0,6	1,8	1,8	0
0%- 26	7,8	0	12,6	0,6	0,6
0%- 30	nd	0,6	21	0	0



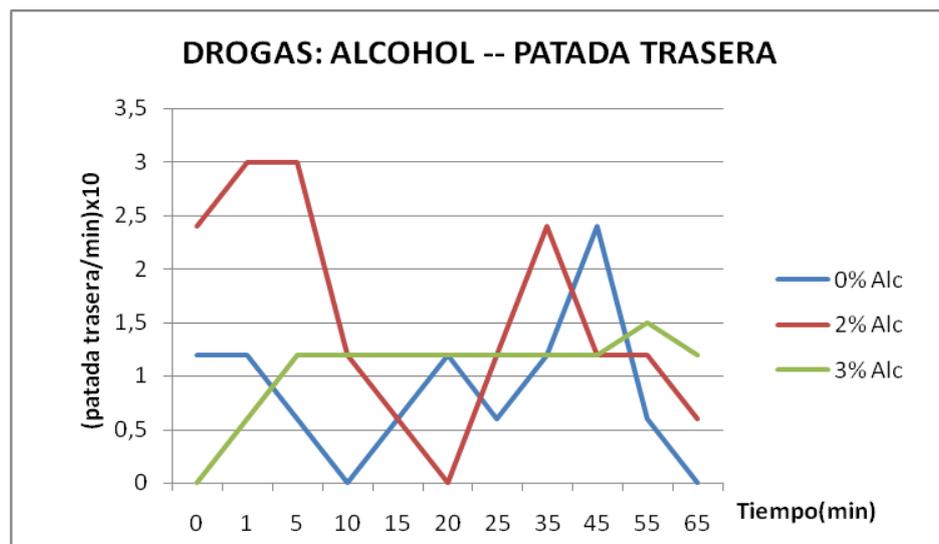
Como se puede observar en la gráfica, un incremento en la concentración de alcohol en el medio afecta al ritmo cardíaco de la pulga, reduciendo el número de ppm. También se observa una reducción en el número de movimientos que realiza la pulga con sus patas. Destacar que cuando se elimina el alcohol y la pulga se vuelve a colocar en agua destilada empieza a RECUPERARSE paulatinamente, tanto a nivel de ppm como de patadas centrales.

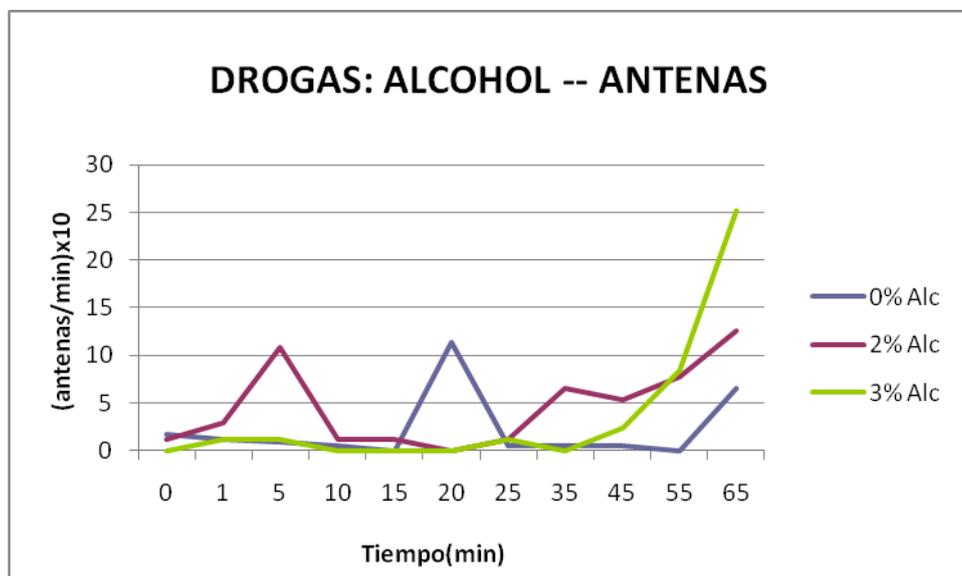
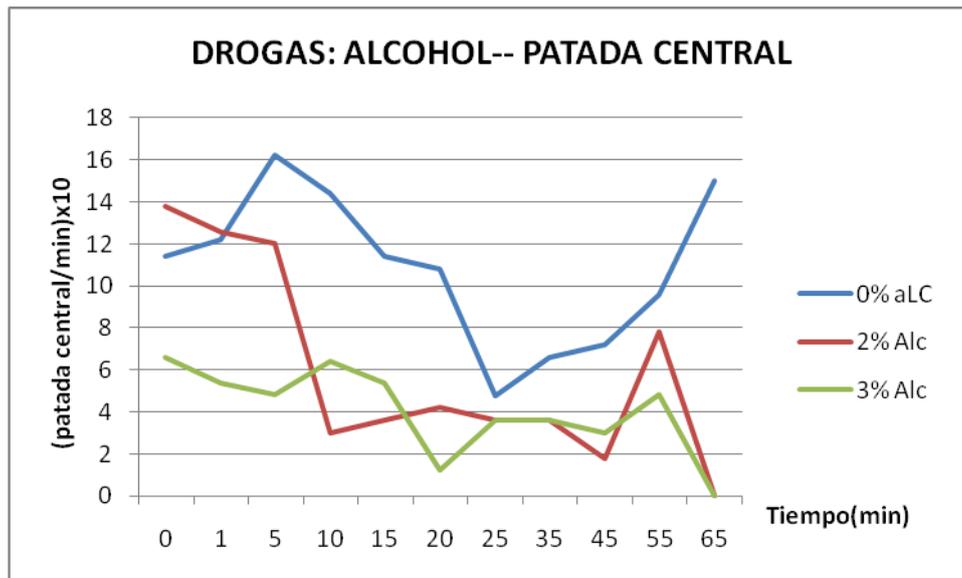
Alcohol (%)	Tiempo (min)	ppm x10	(patada trasera/min)x10	(patada central/min)x10	(antena izqda/min)x10	(antena dcha/min)x10
0	0	15	1,2	11,4	1,8	0
	5	12,6	0,6	16,2	0,9	0,9
	10	14,4	0	14,4	0,6	0,6
	15	15	0,6	11,4	0	6,6
	20	15	1,2	10,8	11,4	0
	25	13,8	0,6	4,8	0,6	1,8
	30	14,4	1,2	9,6	2,4	0
	35	13,8	1,2	6,6	0,6	0,6
	40	13,8	2,4	7,2	0,6	0
	55	13,8	0,6	9,6	0	0
	110	14,4	0	15	6,6	6,6
1	0	15	1,8	3	1,2	0,6
	5	8,4	0,6	nd	4,2	4,2
	10	7,2	1,2	7,2	4,2	4,2
	15	9	1,2	nd	1,2	1,2
	20	10,8	1,2	nd	7,8	7,8
	25	11,1	1,2	4,2	1,8	1,8
	30	10,8	1,2	nd	10,2	10,2
	35	13,2	0,6	nd	2,4	2,4
	40	15,6	0,6	nd	15	13,2
	55	15,6	1,2	nd	12	12
	110	7,8	0	nd	6,6	1,8
2	0	18	2,4	13,8	1,2	1,2
	1	9,6	3	12,6	3	3
	5	4,2	3	12	10,8	10,8
	10	1,8	1,2	3	1,2	1,2
	15	1,8	0,6	3,6	1,2	1,2
	20	1,8	0	4,2	0	0
	25	0,6	1,2	3,6	1,2	1,2
	35	4,8	2,4	3,6	6,6	6,6
	45	11,4	1,2	1,8	5,4	5,4
	55	14,4	1,2	7,8	7,8	7,8
	65	14,4	0,6	nd	12,6	0
3	0	18,6	0	6,6	0	0
	1	15	0,6	5,4	1,2	1,2
	5	11,4	1,2	4,8	1,2	1,2
	10	7,8	1,2	6,4	0	0
	15	1,2	1,2	5,4	0	0
	20	1,5	1,2	1,2	0	0
	25	0,6	1,2	3,6	1,2	1,2
	35	0,9	1,2	3,6	0	1,2
	45	0,6	1,2	3	2,4	2,4
	55	6	1,5	4,8	8,4	8,4
	65	13,2	1,2	nd	25,2	9



Cuando analizamos lo que le ocurre a una pulga al estar casi una hora sometida a una concentración del 2% ó 3% de alcohol observamos que sus ppm bajan drásticamente. Sin embargo, superado un período crítico (15-20 min), la pulga tiende paulatinamente a RECUPERARSE. La gráfica azul representa el control.

Si bien en los humanos el alcohol tiene un efecto depresivo sobre el sistema nervioso, parece ser que en la pulga la situación es muy similar.

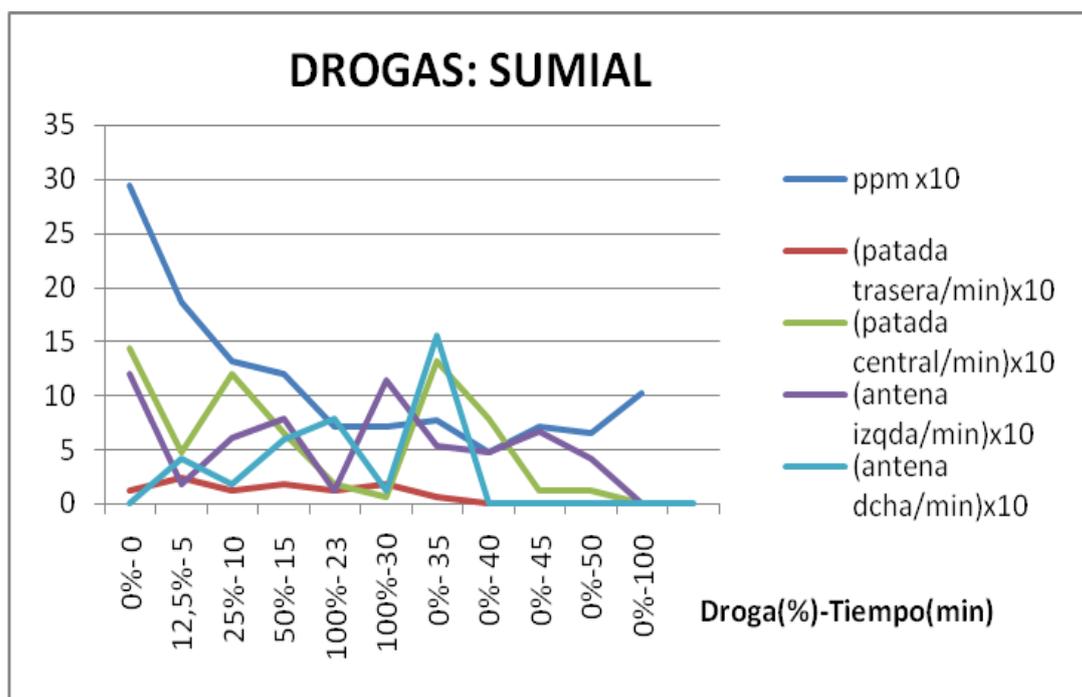




En cuanto a cómo afecta al movimiento de las patas trasera y centrales, así como de las antenas, difícilmente se puede sacar alguna conclusión ya que los propios controles son bastante irregulares en el tiempo.

b) SUMIAL

Droga(%)- Tiempo(min)	pp m x1 0	(patada trasera/min)x10	(patada central/min)x10	(antena izqda/min)x10	(antena dcha/min) x10	(Braza das /min)x 10
0%- 0	29,4	1,2	14,4	12	4,2	69
12,5%- 5	18,6	2,4	4,8	1,8	1,8	53,4
25%- 10	13,2	1,2	12	6	6	28,2
50%- 15	12	1,8	6,6	7,8	7,8	12,4
100%- 23	7,2	1,2	1,8	1,2	1,2	50,4
100%-30	7,2	1,8	0,6	11,4	15,6	49,2
0%- 35	7,8	0,6	13,2	5,4	0	19,8
0%- 40	4,8	0	7,8	4,8	0	1,8
0%- 45	7,2	0	1,2	6,6	0	0
0%-50	6,6	0	1,2	4,2	0	0
0%-100	10,2	0	0	0	0	

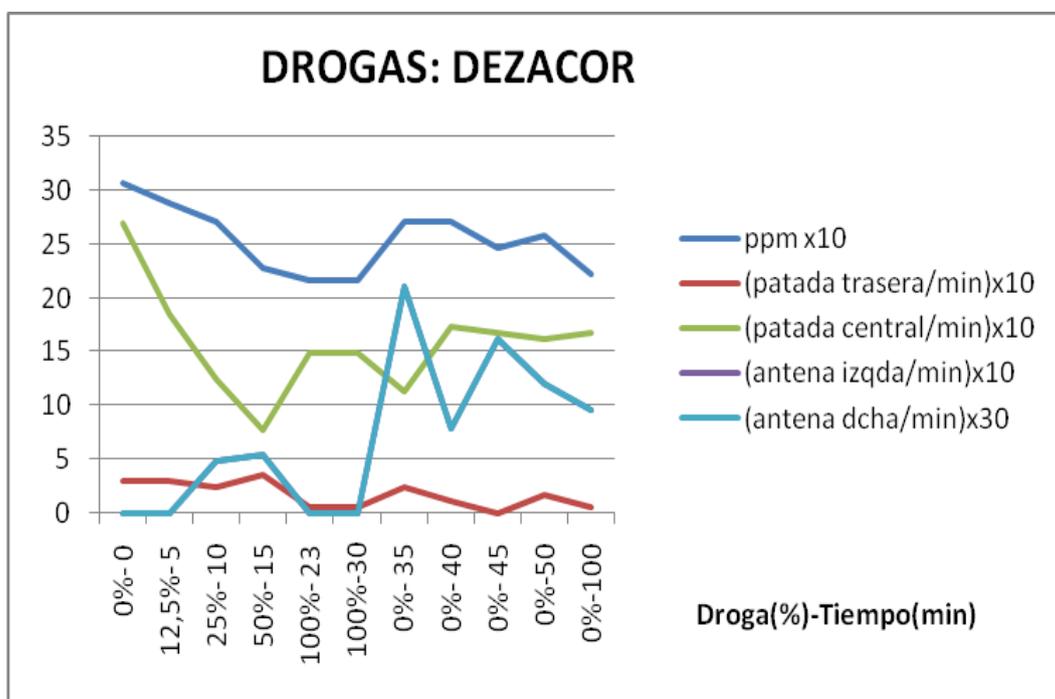


El Sumial, al igual que el alcohol, reduce el ritmo cardíaco de la pulga de agua a medida que aumenta su concentración. También cuando se suspende la exposición a la droga y se retorna a la pulga al agua destilada se observa una mejoría en la frecuencia de las ppm, aunque no es tan significativa como en el caso del alcohol. En cuanto al movimiento este no presenta un patrón de disminución o aumento de actividad, sino que es muy aleatorio.

Nuevamente parece haber una similitud en la afección de este betabloqueante en humanos y en la pulga de agua, en cuanto a la depresión que infligen sobre el sistema nervioso.

c) DEZACOR

Droga(%)- Tiempo(min)	ppm x10	(patada trasera/min)x10	(patada central/min)x10	(antena izqda/min)x10	(antena dcha/min)x10	(Brazadas /min)x10
0%- 0	30,6	3	27	1,2	0	30
12,5%- 5	28,8	3	18,6	8,4	0	46,2
25%- 10	27	2,4	12,6	14,4	4,8	15,6
50%- 15	22,8	3,6	7,8	5,4	5,4	32,4
100%- 23	21,6	0,6	15	0,6	0	6
100%-30	21,6	0,6	15	0,6	0	6
0%- 35	27	2,4	11,4	24,6	21	48
0%- 40	27	1,2	17,4	20,4	7,8	60
0%- 45	24,6	0	16,8	10,2	16,2	56,4
0%-50	25,8	1,8	16,2	12,6	12	32,4
0%-100	22,2	0,6	16,8	14,4	9,6	52,8

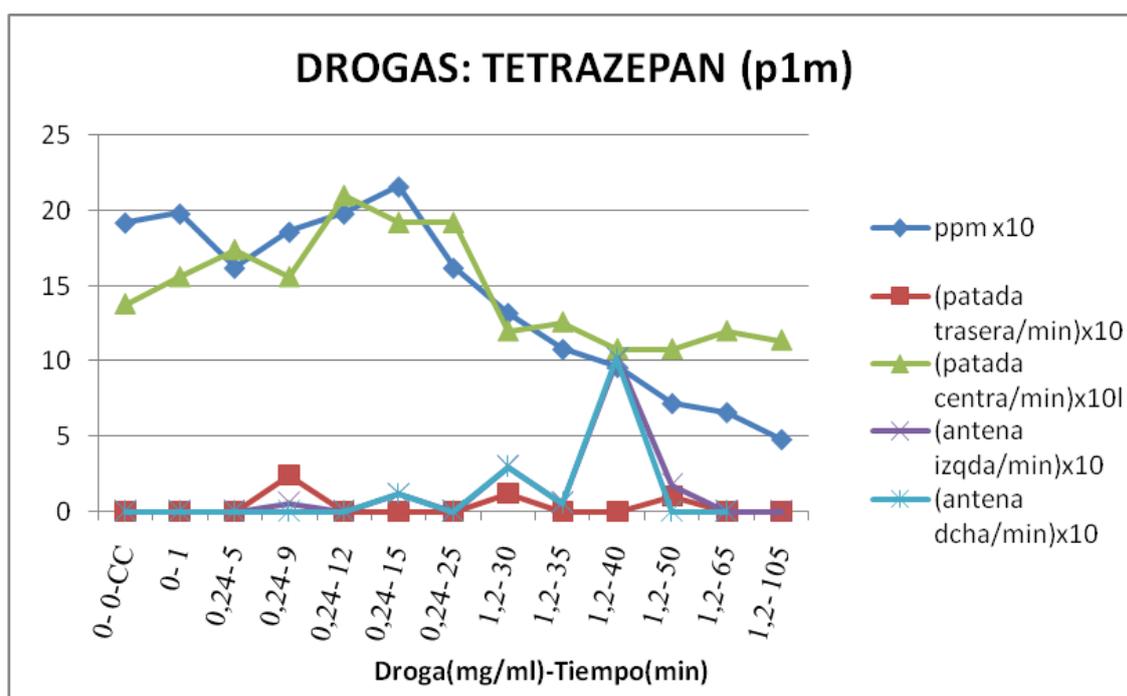


Este corticoide también disminuye el ritmo cardíaco y las patadas (trasera y centrales), tanto más cuanto mayor es la concentración del medicamento. Una vez que se suprime el tratamiento, las ppm y el movimiento de las patadas se recupera algo.

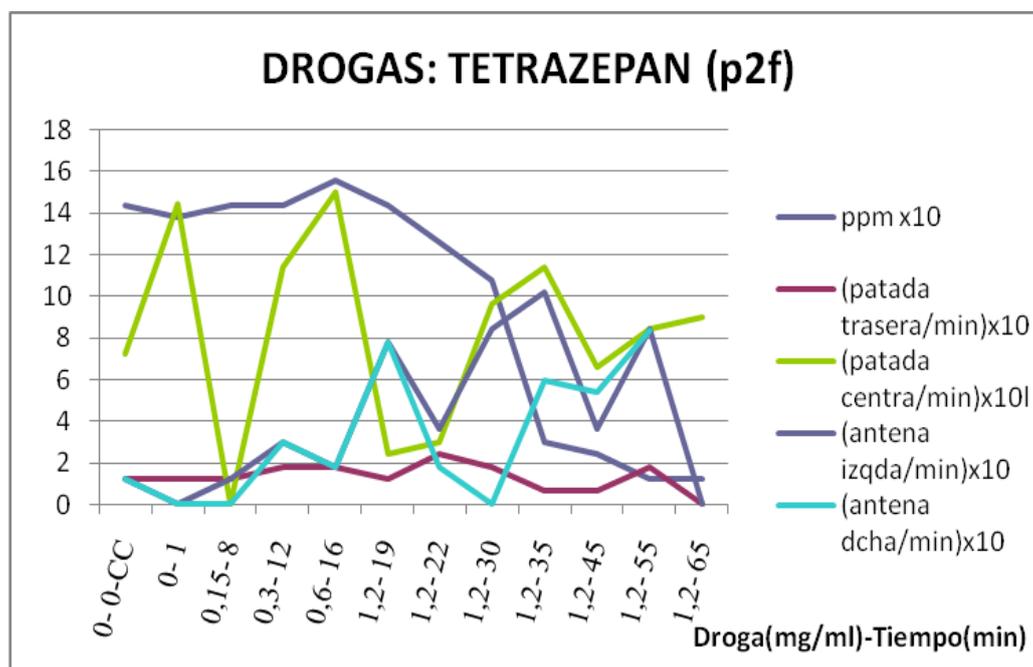
Parece ser que el efecto relajante que pueda mostrar este producto sobre los humanos tiene un cierto parecido en la pulga en tanto en cuanto también la "tranquiliza".

d) TETRAZEPAN

Droga(mg/ml)- Tiempo(min)	ppm x10	(patada trasera/min)x10	(patada central/min)x10	(antena izqda/min)x10	(antena dcha/min)x10
0- 0-CC	19,2	0	13,8	0	0
0- 1	19,8	0	15,6	0	0
0,24- 5	16,2	0	17,4	0	0
0,24- 9	18,6	2,4	15,6	0,6	0
0,24- 12	19,8	0	21	0	0
0,24- 15	21,6	0	19,2	1,2	1,2
0,24- 25	16,2	0	19,2	0	0
1,2- 30	13,2	1,2	12	3	3
1,2- 35	10,8	0	12,6	0,6	0,6
1,2- 40	9,6	0	10,8	10,2	10,2
1,2- 50	7,2	1	10,8	1,8	0
1,2- 65	6,6	0	12	0	0
1,2- 105	4,8	0	11,4	0	0



Droga(mg/ml)- Tiempo(min)	ppm x10	(patada trasera/min) x10	(patada central/min) x10	(antena izqda/min) x10	(antena dcha/min)x 10
0-0-CC	14,4	1,2	7,2	1,2	1,2
0-1	13,8	1,2	14,4	0	0
0,15-8	14,4	1,2	0	1,2	0
0,3-12	14,4	1,8	11,4	3	3
0,6-16	15,6	1,8	15	1,8	1,8
1,2-19	14,4	1,2	2,4	7,8	7,8
1,2-22	12,6	2,4	3	3,6	1,8
1,2-30	10,8	1,8	9,6	8,4	0
1,2-35	3	0,6	11,4	10,2	6
1,2-45	2,4	0,6	6,6	3,6	5,4
1,2-55	1,2	1,8	8,4	8,4	8,4
1,2-65	1,2	0	9	0	7,2

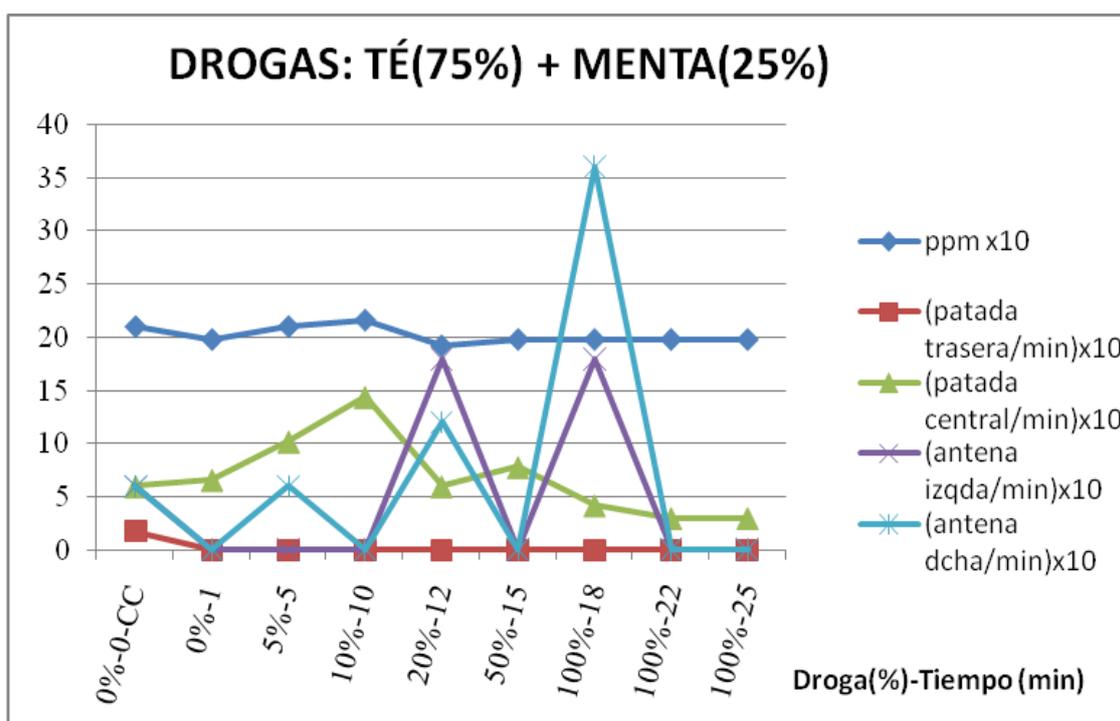


El efecto miorrrelajante o antidepresivo que tiene este medicamento en humanos parece tener similar influencia en la pulga de agua, en la medida que concentraciones mayores de esta droga se traducen en una disminución muy notable de las ppm. En cuanto al movimiento este resulta aleatorio, por lo que no se puede concluir nada al respecto.

El efecto en machos (m) y hembras (f) en cuanto a bajar las ppm es similar.

e) TÉ (75%)+ MENTA (25%)

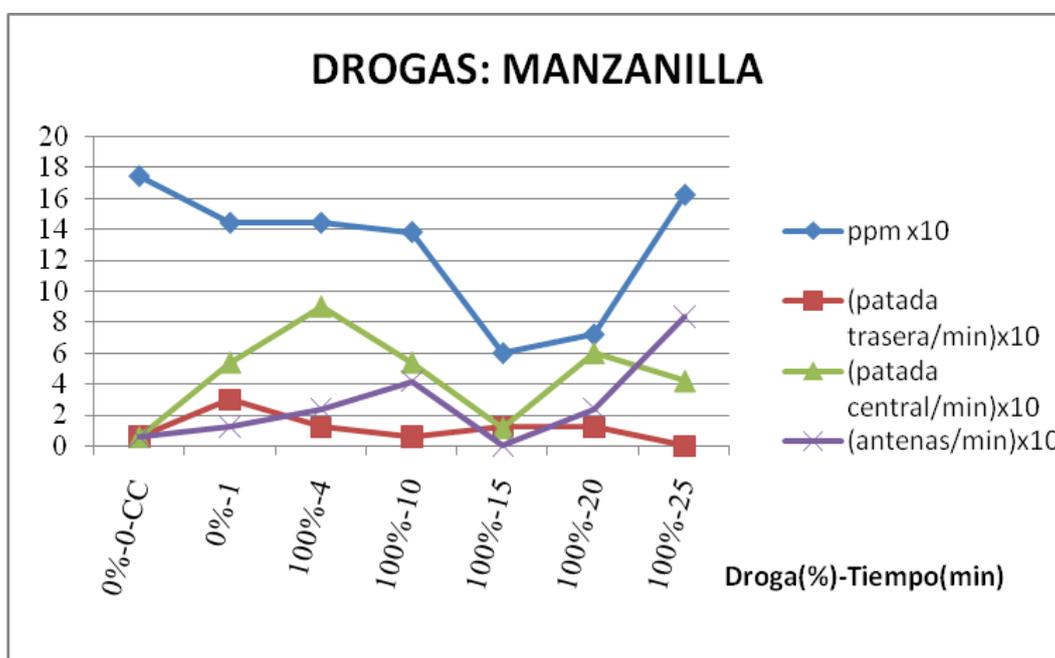
Droga(mg/ml)- Tiempo(min)	ppm x10	(patada trasera/min)x10	(patada central/min)x10	(antena izqda/min)x10	(antena dcha/min)x10
0- 0-CC	14,4	1,2	7,2	1,2	1,2
0- 1	13,8	1,2	14,4	0	0
0,15- 8	14,4	1,2	0	1,2	0
0,3- 12	14,4	1,8	11,4	3	3
0,6- 16	15,6	1,8	15	1,8	1,8
1,2- 19	14,4	1,2	2,4	7,8	7,8
1,2- 22	12,6	2,4	3	3,6	1,8
1,2- 30	10,8	1,8	9,6	8,4	0
1,2- 35	3	0,6	11,4	10,2	6
1,2- 45	2,4	0,6	6,6	3,6	5,4
1,2- 55	1,2	1,8	8,4	8,4	8,4
1,2- 65	1,2	0	9	0	7,2



Es importante resaltar que estos resultados hay que tomarlos "con pinzas", ya que son el resultado de un único estudio preliminar para tantear el terreno. De momento desconocemos si es que estas sustancias estimulantes en humanos no tienen el mismo efecto en la pulga de agua – no tiene por qué tenerla, iise trata de especies distintas!! – o si se debe a que a lo mejor la concentración ensayada sea excesivamente baja. Lo que sí parece ocurrir es que a estas concentraciones este infusorio no tuvo efectos a destacar sobre la pulga respecto a su ritmo cardíaco.

f) MANZANILLA

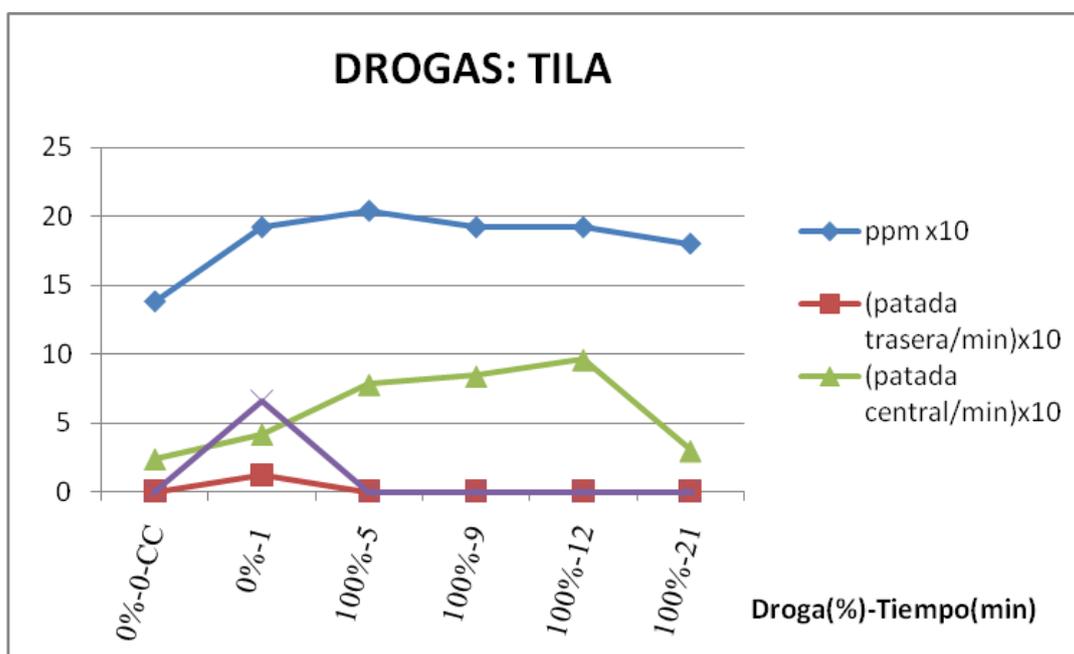
Droga(%)- Tiempo(mi n)	pp m x10	(patada trasera/min)x 10	(patada central/min)x 10	(antena izqda/min)x 10	(antena dcha/min)x 10
0%-0-CC	17, 4	0,6	0,6	0,6	0,6
0%-1	14, 4	3	5,4	1,22	1,2
100%-4	14, 4	1,2	9	2,4	2,4
100%-10	13, 8	0,6	5,4	4,2	4,2
100%-15	6	1,2	1,2	0	0
100%-20	7,2	1,2	6	2,4	2,4
100%-25	16, 2	0	4,2	8,4	8,4



Es importante resaltar que estos resultados hay que tomarlos "con pinzas", ya que son el resultado de un único estudio preliminar para tantee el terreno. Forzosamente estos datos carecen de valor hasta que no se realicen más ensayos y los resultados sean semejantes. En cualquier caso y de ser esto cierto, la manzanilla mostraría un claro efecto relajante sobre la pulga de agua los primeros 15 minutos, para después desaparecer los mismos. Nuevamente nos reiteramos en la incierta veracidad de estas afirmaciones.

g) TILA

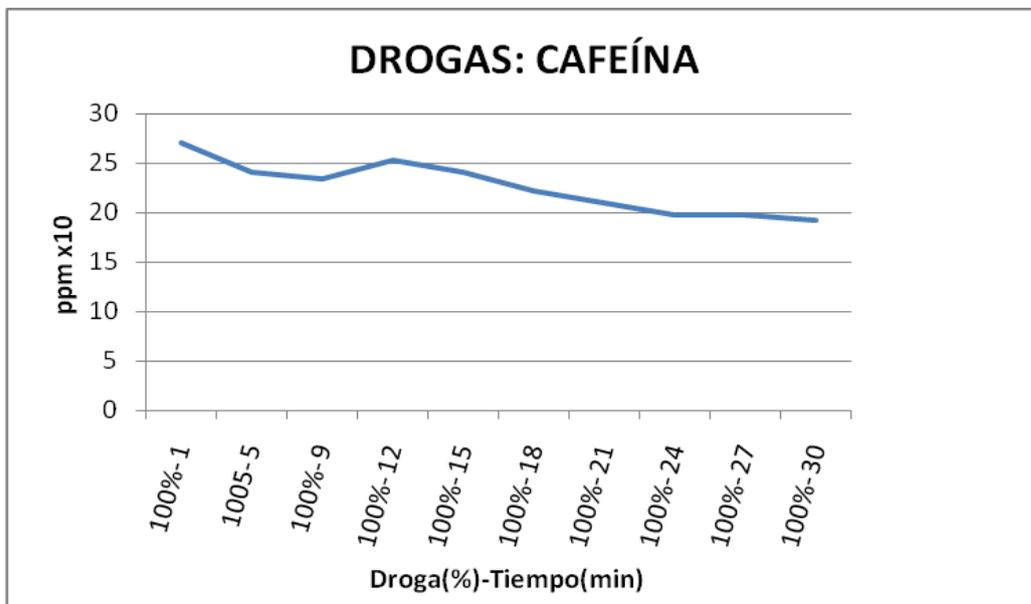
Droga(%)- Tiempo(mi n)	pp m x10	(patada trasera/min) x10	(patada central/min)x 10	(antena izqda/min)x 10	(antena dcha/min)x 10
0%-0-CC	13,8	0	2,4	0	0
0%-1	19,2	1,2	4,2	6,6	6,6
100%-5	20,4	0	7,8	0	0
100%-9	19,2	0	8,4	0	0
100%-12	19,2	0	9,6	0	0
100%-21	18	0	3	0	0



Es importante resaltar que estos resultados hay que tomarlos "con pinzas", ya que son el resultado de un único estudio preliminar para tantear el terreno. Forzosamente estos datos carecen de valor hasta que no se realicen más ensayos y los resultados sean semejantes. En cualquier caso y de ser esto cierto, la tila que en los humanos tiene un efecto relajante a la pulga de agua no le haría nada. Como se comentó con anterioridad y hasta nuevos resultados desconocemos si se trata de un problema de insuficiente concentración del principio activo.

h) CAFEÍNA

Droga(%)- Tiempo(min)	ppm x10
0%- 0	25,8
100%- 1	27
1005- 5	24
100%- 9	23,4
100%- 12	25,2
100%- 15	24
100%- 18	22,2
100%- 21	21
100%- 24	19,8
100%- 27	19,8
100%- 30	19,2



Nuevamente los ensayos realizados con esta droga son escasos y no son de fiar. Sabemos que en humanos la cafeína es un buen estimulante. En este ensayo lo que se observa es una ligera disminución del número de ppm a medida que la pulga de agua pasa más tiempo en dicho medio.

i) NICOTINA

Droga(%)- Tiempo(min)	ppm x10	(Brazadas/min)x10
0%- 0	25,8	55,2
100%- 3	39	0
100%- 6	30,6	0
100%- 9	27	0
100%- 12	30,6	0
100%- 15	28,2	0
100%- 25	34,8	0

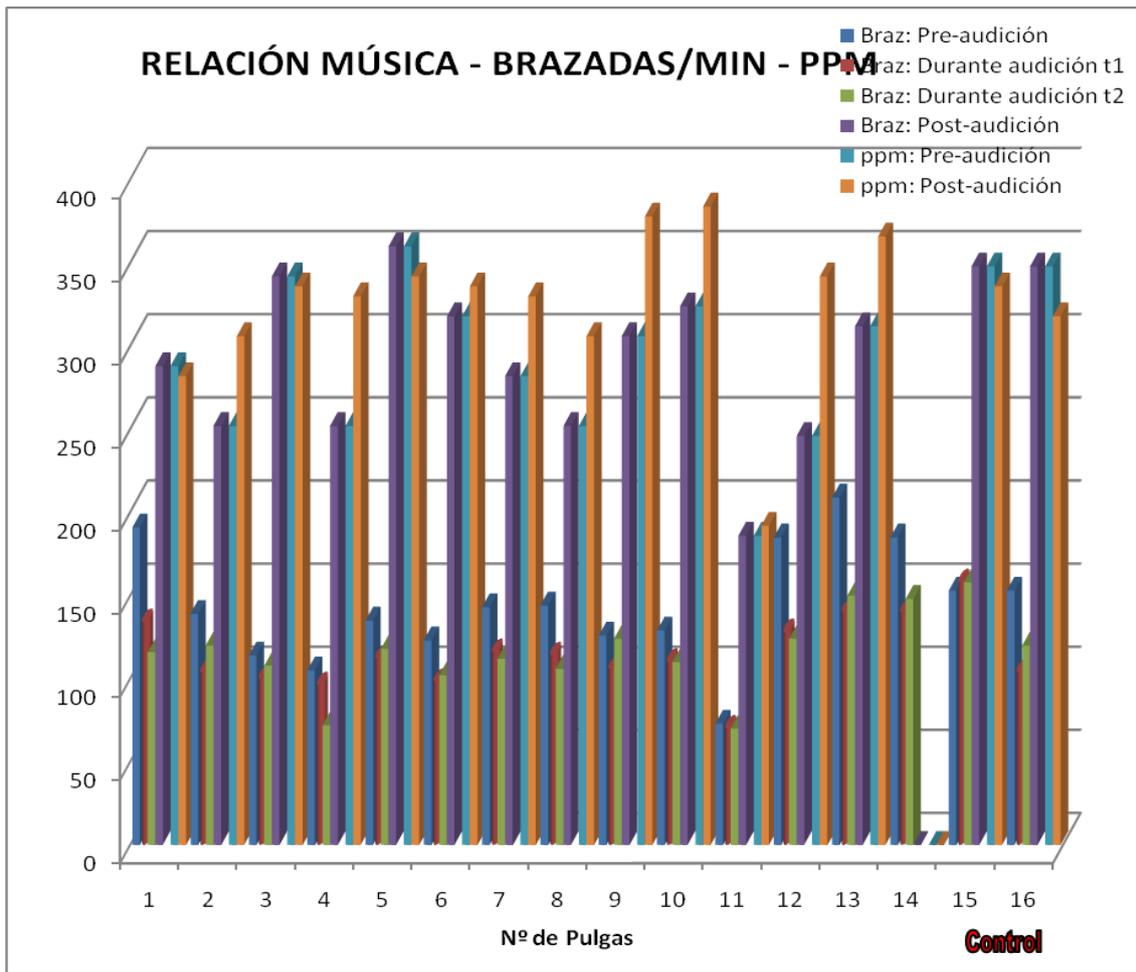
En este estudio preliminar y todavía muy incompleto, la nicotina parece tener un ligero efecto estimulante sobre las ppm de la pulga de agua. Lo que sí resulta llamativo es cómo la pulga ha dejado de moverse por el pocillo al entrar en contacto con la droga.

3. EFECTOS DE LA MÚSICA SOBRE EL RITMO CARDÍACO Y EL MOVIMIENTO DE DAPHNIA.

pulgas	brazadas/m in	brazadas/m in	brazadas/m in	brazadas/m in	ppm antes	ppm después
	antes	durante 1º	durante 2º	después		
p1	191	134	116	198	288	282
p2	139	104	120	140	252	306
p3	114	100	108	180	342	336
p4	105	96	72	124	252	330
p5	135	112	118	134	360	342
p6	123	98	102	154	318	336
p7	143	116	112	144	282	330
p8	144	114	106	146	252	306
p9	126	106	124	118	306	378
p10	129	110	110	140	324	384
p11	73	70	70	72	186	192
p12	185	128	124	164	246	342
p13	209	140	150	256	312	366
p14	185	140	148	174	0	0
pcontr ol	153	158	158	156	348	336
p cont- música	153	104	120	154	348	318

Los resultados de esta experiencia son muy interesantes. El número de brazadas de la pulga de agua baja levemente – es decir, se mueve menos en el pocillo - cuando oye la audición respecto del control antes de la audición. Y eso que tan solo la escucha en un intervalo de 3 minutos escasos. Sin embargo, cuando la audición termina, sus movimientos aumentan notablemente, siendo los resultados obtenidos bastante repetitivos. El control afirma la validez de estos resultados.

Además, esta disminución del movimiento parece verse acompañada –aunque no siempre - de un aumento del ritmo cardíaco, con lo que suponer que la música actuara como una droga relajante para la pulga queda en entredicho. ¿Cómo explicar los resultados? Lo desconocemos. Quizás se trate de una situación de estrés en la que se encuentra la pulga cuando oye música.



Por supuesto que somos conscientes de que las pulgas no oyen –al menos eso presumimos–, sino que lo que están detectando cuando “escuchan” la música son las ondas electromagnéticas emitidas por el altavoz una vez que han chocado con la superficie del agua y se propagan por dicho medio.

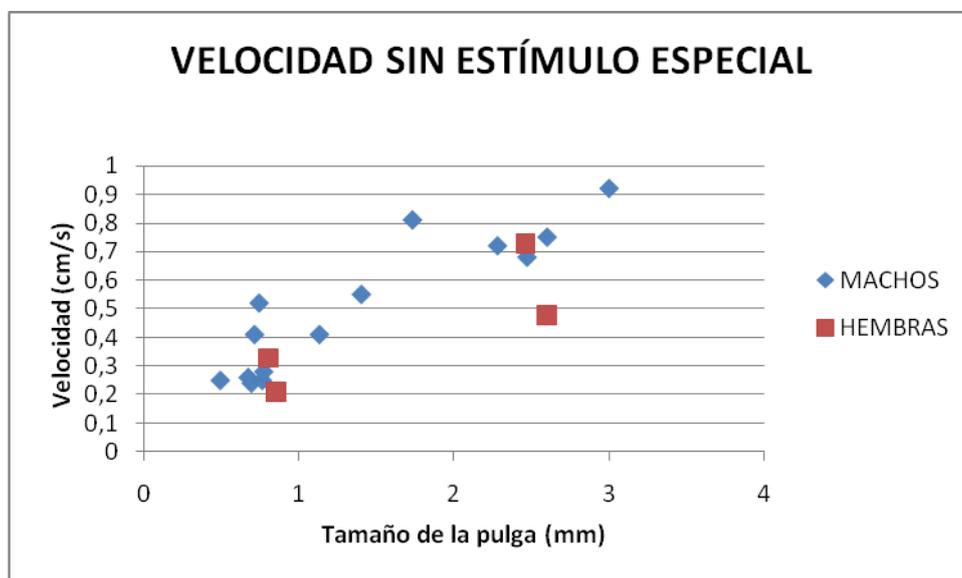
Su comportamiento es como si estuviésemos en una habitación tan tranquilos y, de repente, sin previo aviso, nos pusieran la música a todo volumen. ¿Cómo actuaríamos? Quizás nos quedásemos más quietos, a la expectativa de averiguar qué está ocurriendo. Una vez apagado el altavoz, y vuelto todo a la normalidad, nos volvemos a mover como lo hacíamos antes, o más incluso, tratando de descargar la adrenalina acumulada.

Obviamente esto no son sino conjeturas, y tenemos pendiente ensayar otros tipos de música (clásica, rap, ...) para ver si el tipo de música influye de diferente manera en el comportamiento de estos crustáceos.

4. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE DAPHNIA EN FUNCIÓN DE SU TAMAÑO SIN Y CON ESTÍMULO LUMINOSO FOCALIZADO.

En cuanto a los resultados obtenidos de cómo se desplaza la pulga sin un estímulo luminoso focalizado tenemos los siguientes:

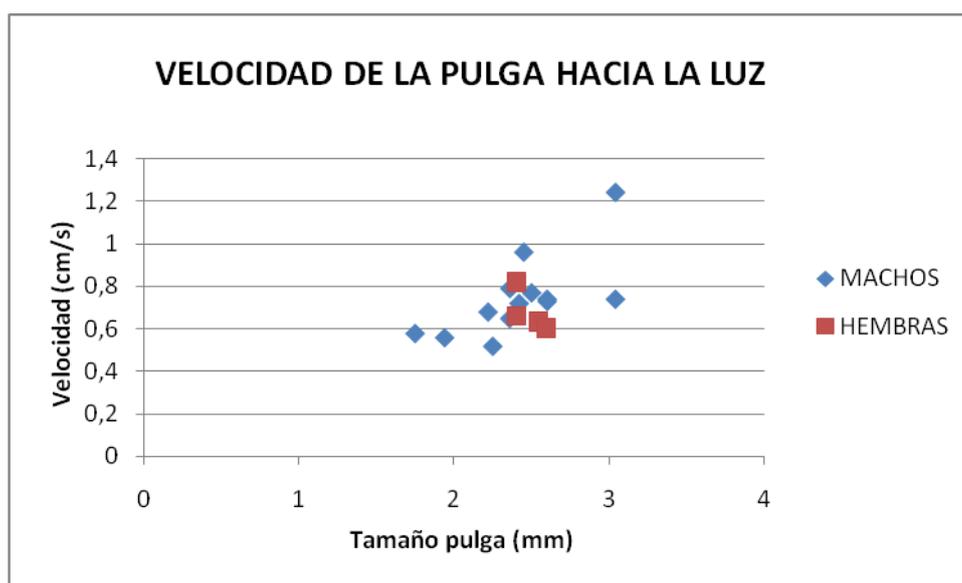
Pulga	Tamaño (mm)	Velocidad media (cm/s)	Distancia media (cm)	Tiempo medio (s)
p1m	0,49	0,25	4,26	17,04
p2m	0,67	0,26	14,08	54,15
p3m	0,69	0,24	6,27	26,12
p4m	0,71	0,41	7,64	18,63
p5m	0,74	0,52	6,64	12,77
p6m	0,76	0,25	9,31	37,24
p7m	0,77	0,28	4,69	16,75
p8m	1,13	0,41	5,08	12,39
p9m	1,4	0,55	3,6	6,54
p10m	1,73	0,81	6,15	7,59
p11m	2,28	0,72	6,21	8,62
p12m	2,47	0,68	4,26	6,26
p13m	2,6	0,75	9,51	12,68
p14m	3	0,92	7,58	8,24
p15f	0,8	0,33	3,79	11,48
p16f	0,85	0,21	4	19,05
p17f	2,46	0,73	5,66	7,75
p18f	2,6	0,48	7,34	15,29



Se observa que, como cabía suponer, a mayor tamaño de la pulga, mayor es la velocidad a la que se desplaza, tanto en el caso de los machos como de las hembras. Si calculamos la media de velocidad del conjunto de pulgas estudiadas nos sale 0,49cm/s para un tamaño medio de 1,45mm.

En cuanto a los resultados obtenidos de cómo se desplaza la pulga con un estímulo luminoso focalizado tenemos los siguientes:

Pulga	Tamaño pulga (mm)	Velocidad (cm/s)	Distancia (cm)	Tiempo (s)
p1m	1,75	0,58	10	17,37
p2m	1,94	0,56	13	23,01
p3m	2,22	0,68	9	13,23
p4m	2,25	0,52	9	17,27
p5m	2,36	0,65	9	13,92
p6m	2,36	0,79	9	11,33
p7m	2,42	0,72	11	15,27
p8m	2,45	0,96	8	8,37
p9m	2,5	0,77	8,5	11,01
p10m	2,6	0,73	9	12,32
p11m	2,6	0,74	10	13,59
p12m	3,04	0,74	9	12,1
p13m	3,04	1,24	11	8,84
p14f	2,4	0,66	8	12,19
p15f	2,4	0,82	10	12,26
p16f	2,54	0,63	11,5	18,14
p17f	2,59	0,6	12	20

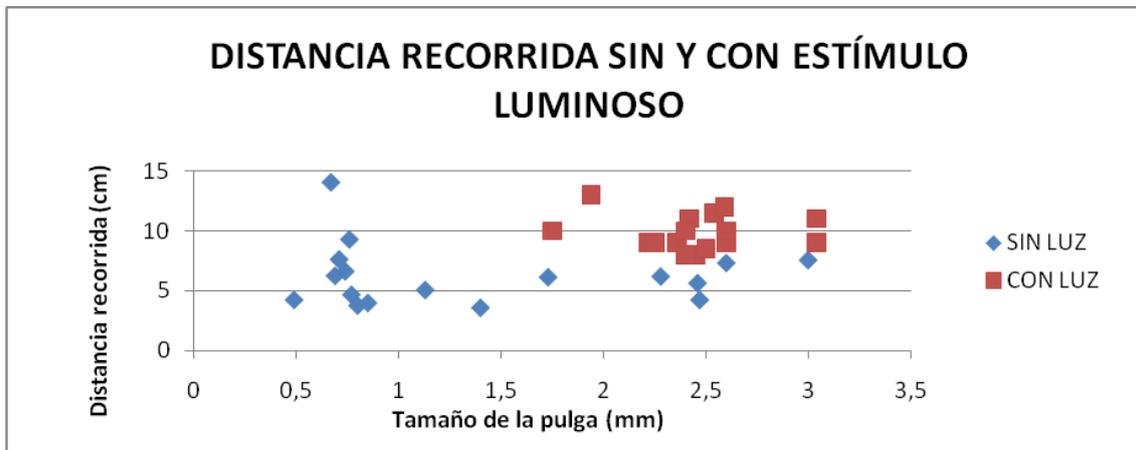


Por supuesto nuevamente observamos que a mayor tamaño de la pulga, mayor velocidad de desplazamiento. Los datos de esta tabla arrojan una media de velocidad de 0,73cm/s para un tamaño medio de pulga de 2,44mm.

¿Cómo comparar estas dos gráficas? Obviamente tendremos que coger pulgas de tamaño similar y ver si su velocidad cambia en ausencia o en presencia de un foco de luz permanente hacia una zona determinada. Cuando lo hacemos comprobamos que para pulgas de tamaño en el entorno de 2,6mm la velocidad es similar en ambos casos, con lo que se deduce que la presencia de luz no les estaría haciendo ir más rápido.

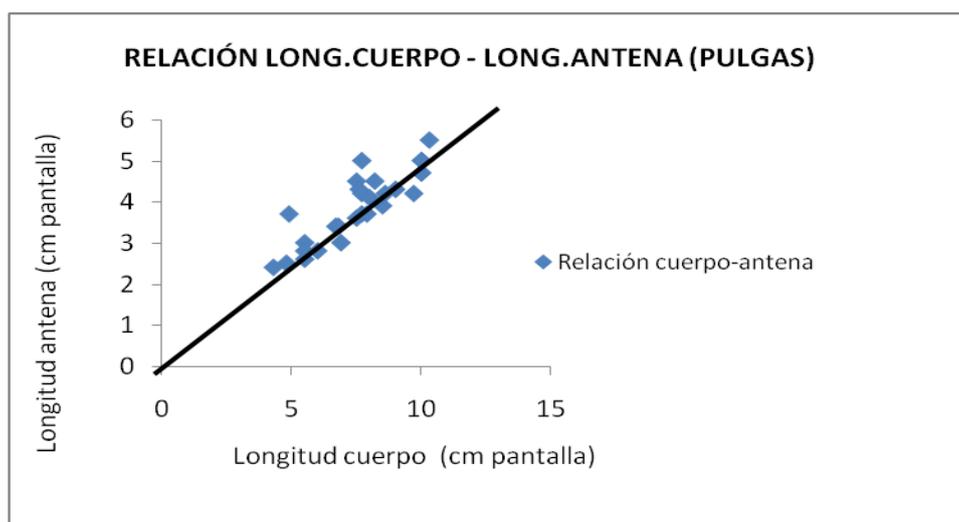
Sin embargo, si comparamos la distancia recorrida (ver gráfica) por pulgas de tamaño similar sin y con estímulo luminoso focalizado observamos que las que

siguen a la luz recorren una mayor distancia. Dado que la velocidad es similar en ambos casos hemos de deducir que su movimiento permanece más en el tiempo si existe un estímulo luminoso, o sea que sí que le está influyendo y con ello estamos demostrando la presencia del fototropismo positivo de la pulga del agua.



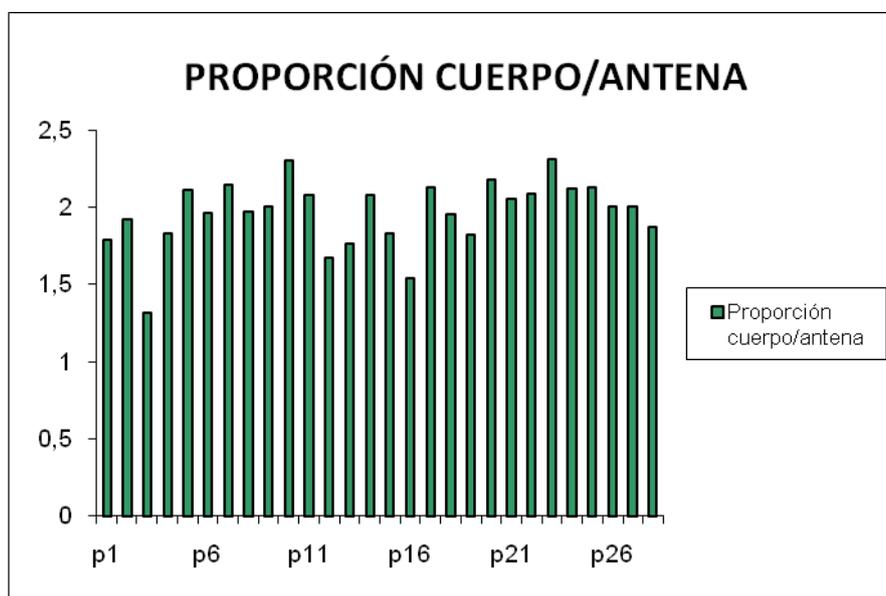
5. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA ANTENA Y DEL CUERPO DE DAPHNIA. CÁLCULO DE LA ALTURA Y LONGITUD DE LA PIERNA EN HUMANOS. COMPARATIVAS.

PULGAS	Longitud cuerpo (cm pantalla)	Longitud antena (cm pantalla)	Proporción cuerpo/antena
p1	4,3	2,4	1,79
p2	4,8	2,5	1,92
p3	4,9	3,7	1,32
p4	5,5	3	1,83
p5	5,5	2,6	2,11
p6	5,5	2,8	1,96
p7	6	2,8	2,14
p8	6,7	3,4	1,97
p9	6,8	3,4	2
p10	6,9	3	2,3
p11	7,5	3,6	2,08
p12	7,5	4,5	1,67
p13	7,6	4,3	1,76
p14	7,7	3,7	2,08
p15	7,7	4,2	1,83
p16	7,7	5	1,54
p17	7,9	3,7	2,13
p18	8	4,1	1,95
p19	8,2	4,5	1,82
p20	8,5	3,9	2,18
p21	8,6	4,2	2,05
p22	9	4,3	2,09
p23	9,7	4,2	2,31
p24	10	4,7	2,12
p25	10	4,7	2,13
p26	10	5	2
p27	10	5	2
p28	10,3	5,5	1,87
			media:1,96



Nuevamente, como también era de esperar, a mayor longitud del cuerpo de la pulga, mayor longitud de sus antenas. La correlación que se aprecia se ajusta notablemente a una recta como se aprecia en el gráfico.

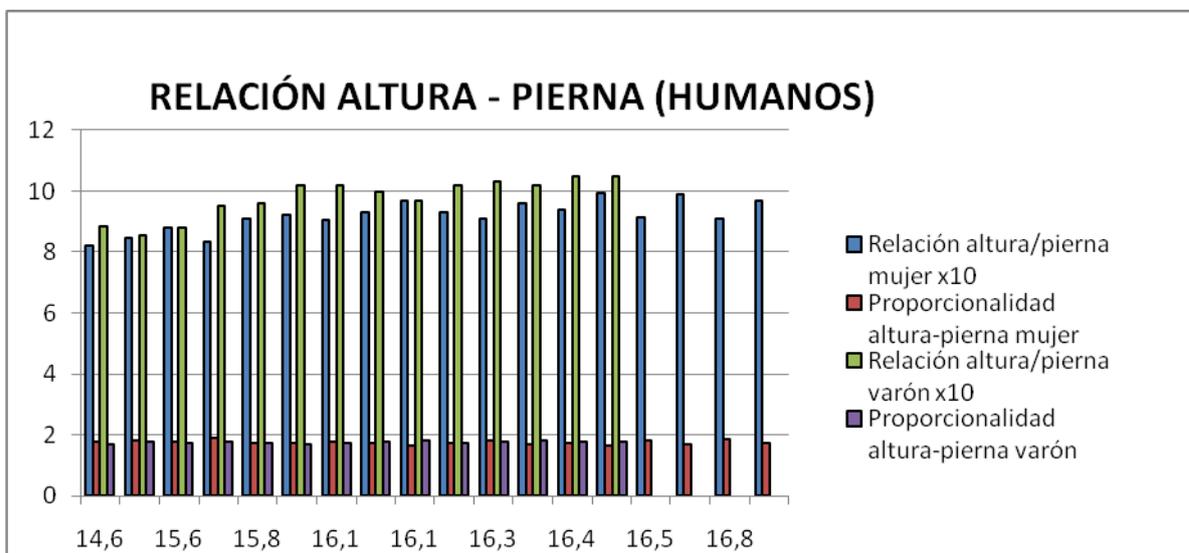
Si se calcula la proporción cuerpo/antena obtenemos una media de 1,96 para las 28 pulgas estudiadas (todas machos), siendo los valores que más se desvían de 2,31 y 1,54.



En cuanto a los seres humanos se confirma la lógica de que a mayor altura del sujeto, ya sea varón o hembra, mayor longitud de la extremidad (pierna en este caso). Cuando se calcula la proporcionalidad altura/pierna se obtiene el mismo valor medio de 1,75 para ambos sexos.

HUMANOS HEMBRAS	ALTURA(cm) x10	LONGITUD PIERNA (cm)x10	PROPORCIÓN ALTURA/PIERNA
	14,6	8,2	1,78
	15,4	8,45	1,82
	15,55	8,8	1,76
	15,7	8,35	1,88
	15,8	9,1	1,73
	15,9	9,2	1,73
	16,1	9,05	1,78
	16,1	9,3	1,73
	16,1	9,7	1,66
	16,2	9,3	1,74
	16,3	9,1	1,79
	16,3	9,6	1,7
	16,4	9,4	1,74
	16,4	9,93	1,65
	16,45	9,15	1,8
	16,6	9,9	1,68

	16,8	9,1	1,85
	16,8	9,7	1,73
HUMANOS			
VARONES	14,8	8,85	1,67
	15,1	8,55	1,77
	15,3	8,8	1,74
	16,6	9,5	1,75
	16,6	9,6	1,73
	17,3	10,2	1,7
	17,4	10,2	1,71
	17,65	10	1,76
	17,8	9,7	1,83
	17,8	10,2	1,74
	18,1	10,3	1,76
	18,3	10,2	1,79
	18,5	10,5	1,76
	18,7	10,5	1,78



¿Qué significa esto? Pues sencillamente que las antenas de las pulgas de agua representan una "extremidad" proporcionalmente mayor para ellas que nuestras piernas para nosotros.

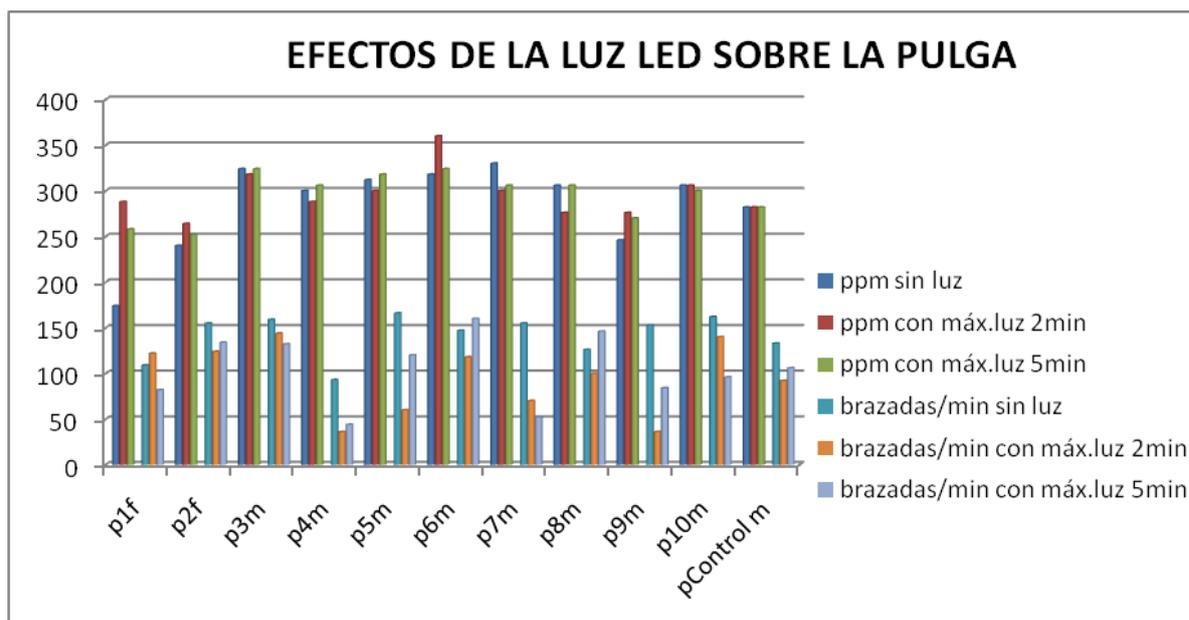
¿Podría inferirse de esto que se desplazarán a una mayor velocidad que nosotros, cada cual en su medio? Si cogemos los 18 valores de velocidad determinados para las pulgas en ausencia de un estímulo luminoso (ver apartado nº 3 de los Resultados) obtenemos una velocidad media de 0,49cm/s para un tamaño medio de 1,45mm. Esto significa que la pulga nada 17,64m/h. Si dividimos esta distancia por su tamaño medio hallamos que en una hora habría recorrido 12165 veces su tamaño, iisempre y cuando fuera capaz de mantener esa velocidad durante 1 hora!!

Si hacemos un cálculo semejante en humanos obtenemos que a paso normal hacemos unos 4km/h. Si dividimos esta distancia por la altura media de los varones de nuestro instituto hallamos que en una hora habrían recorrido 2339 veces su altura.

Por último, si dividimos los valores obtenidos para la pulga de agua entre los obtenidos para los humanos encontramos que proporcionalmente hablando la pulga se habría desplazado un factor de 5,2 veces más. Dicho de una manera gráfica: ¡es como si la pulga hubiera recorrido 20,8km cuando nosotros sólo nos habríamos desplazado 4km!!

6. INFLUENCIA DE UNA ALTA LUMINOSIDAD CON LUZ FRÍA (LED) EN DAPHNIA.

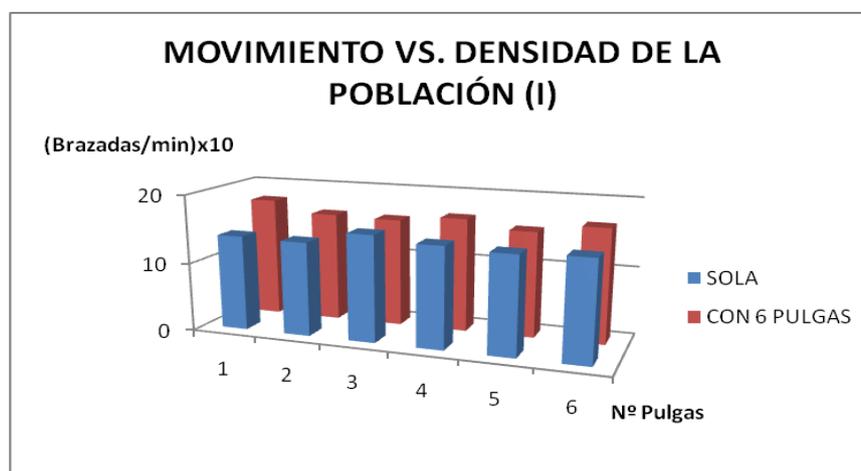
Pulga	ppm	ppm	ppm	brazadas/mi n	brazadas/mi n	brazadas/mi n
	0 min	2 min	5 min	0min	2min	5min
p1f	174	288	258	109	122	82
p2f	240	264	252	155	124	134
p3m	324	318	324	159	144	132
p4m	300	288	306	93	36	44
p5m	312	300	318	166	60	120
p6m	318	360	324	147	118	160
p7m	330	300	306	155	70	52
p8m	306	276	306	126	100	146
p9m	246	276	270	153	36	84
p10m	306	306	300	162	140	96
pControl m	282	282	282	133	92	106

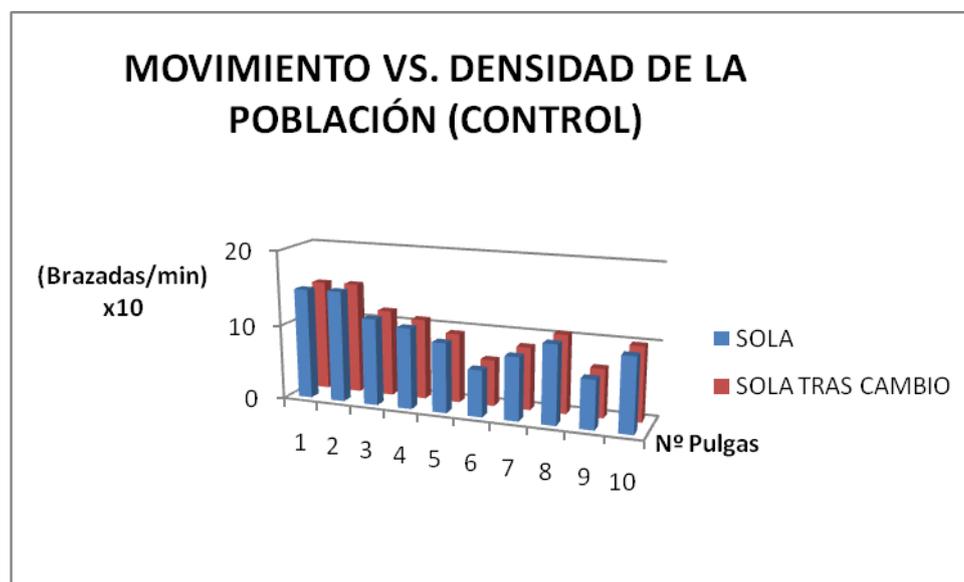
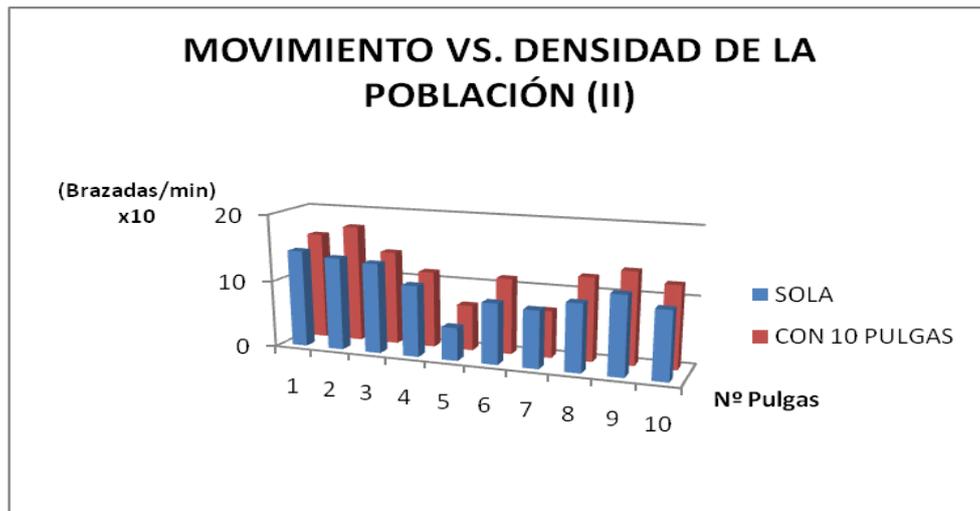


Cuando sometemos a la pulga de agua a una exposición de hasta 5 minutos con una gran intensidad de luminosidad -¡¡que no calor!! -, observamos que si bien su ritmo cardíaco apenas varía sí que parece disminuir sus brazadas, y con ello su movimiento. Es como si de alguna manera ese "pelotazo de luz" la dejara desconcertada y optara por mantenerse más quieta, como a la expectativa. En los controles, que no se incluyeron en la gráfica, se aprecia perfectamente como las ppm y las brazadas se mantienen constantes en todo momento.

7. MOVIMIENTO DE LA PULGA SEGÚN LA DENSIDAD DE POBLACIÓN.

Pulga	(Brazadas/minuto)X10	(Brazadas/minuto)X10
	SOLA	CON 6 PULGAS
p1	13,9	17,6
p2	13,7	16
p3	15,5	15,8
p4	14,7	16,6
p5	14,3	15,4
p6	14,6	16,6
Pulga	(Brazadas/minuto)X10	(Brazadas/minuto)X10
	SOLA	CON 10 PULGAS
p1	14,5	16
p2	13,8	17,5
p3	13,4	14
p4	10,6	11,4
p5	4,9	6,8
p6	9	11,3
p7	8,5	7
p8	10	12,4
p9	11,7	13,7
p10	10,1	12,2
Pulga	(Brazadas/minuto) X10	(Brazadas/minuto) X10
CONTROLES	SOLA	SOLA (tras cambiarla de pocillo)
p1	14,4	14,8
p2	17,1	14,9
p3	10,1	11,6
p4	13,2	10,8
p5	8	9,3
p6	11,3	6,2
p7	9,8	8,4
p8	10,3	10,5
p9	12,5	6,5
p10	11,4	9,9





En las gráficas se observa perfectamente que *Daphnia* se mueve ligeramente más en presencia de 6 ó 10 congéneres suyos que cuando está sola. Probablemente se deba a que debe de evitar posibles colisiones, lo que le obliga a realizar más giros o virajes.

8. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL RITMO CARDÍACO EN DAPHNIA.

Las dafnias son animales ectotérmicos, esto es su temperatura corporal se ve afectada por la temperatura de sus alrededores. Así, si el medio está frío la pulga también lo estará. Si el medio está caliente, ellas también lo estarán. Carecen de mecanismos para mantener constante la temperatura corporal. Por ello es de esperar que si el medio se enfría, su corazón ralentice sus latidos. Si el animal se calienta es de esperar que se aceleren las ppm (Campbell, 2005).

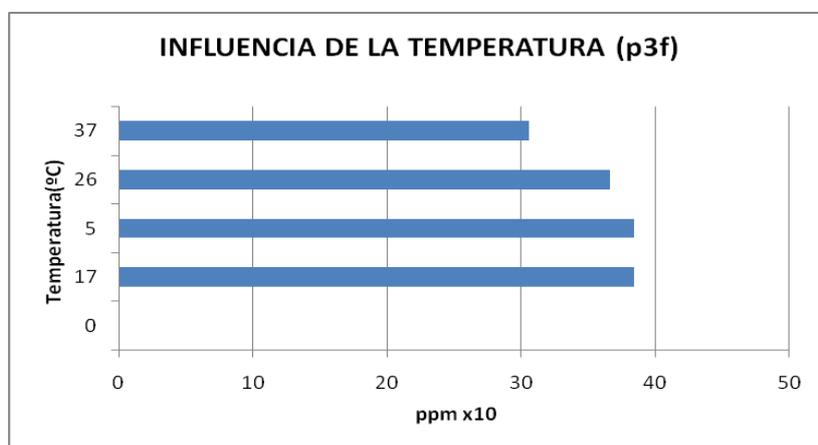
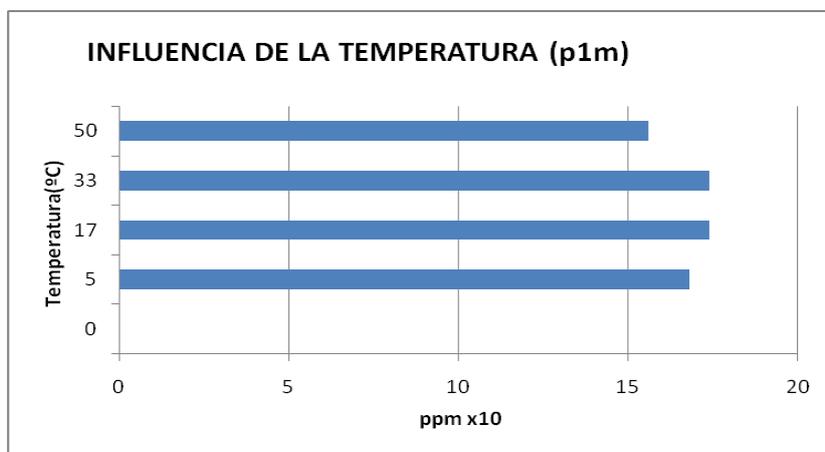
Este apartado se abordó desde tres experiencias. En las dos primeras pusimos la misma pulga a distintas temperaturas, partiendo de la temperatura ambiente (17°C) en un caso y de 5°C en el otro. La secuencia de variación de temperatura fue de 17°-5°-26°-37°C y 5°-17°-33°-50°C respectivamente.

p1m

p3f

Temperatura(°C)	ppm x10
5	16,8
17	17,4
33	17,4
50	15,6

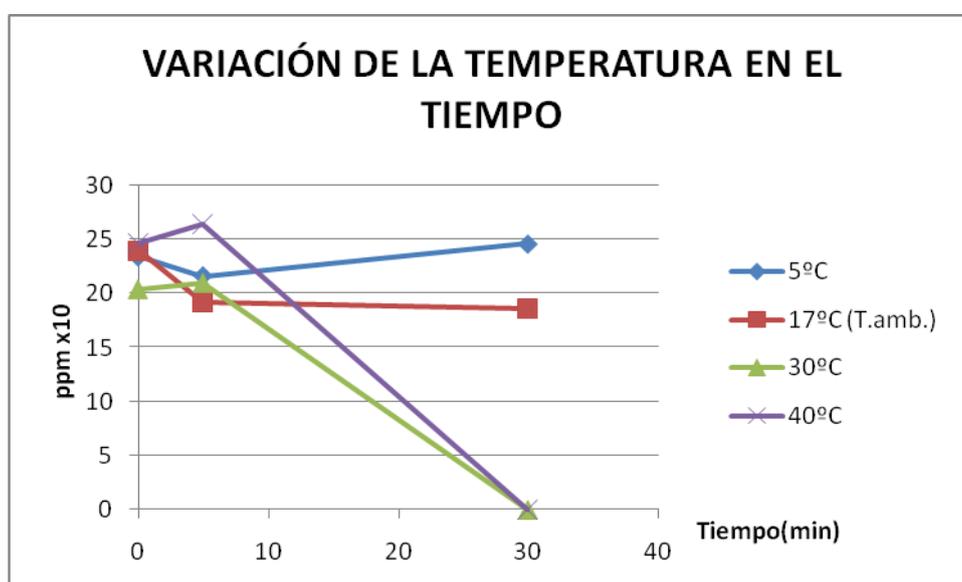
Temperatura(°C)	ppm x10
17	38,4
5	38,4
26	36,6
37	30,6



Obtuvimos como resultado que a temperaturas por debajo de la ambiental (iihasta llegar a los 5°C!!), las ppm de la pulga de agua lejos de disminuir permanecían constantes y sólo disminuían cuando la temperatura superaba los 37°C. Probablemente esas temperaturas son ya extremas para las dafnias e incluso pueda comenzar un proceso de desnaturalización de sus proteínas.

En el tercer experimento cogimos 4 pulgas y las mantenimos a temperaturas constantes, pero lejos de lo que era la temperatura ambiente de 17°C.

Tiempo(min)	p1m	p2m	p3m	p4m
	5°C	17°C	30°C	40°C
0	23,4	24	20,4	24,6
5	21,6	19,2	21	26,4
30	24,6	18,6	0	0



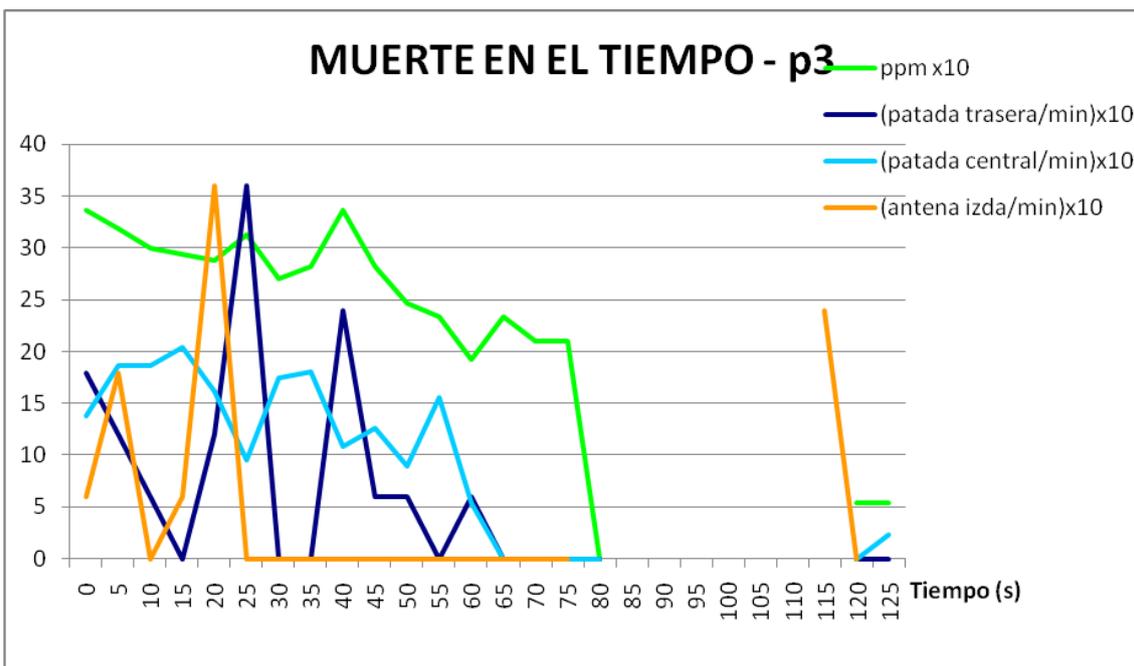
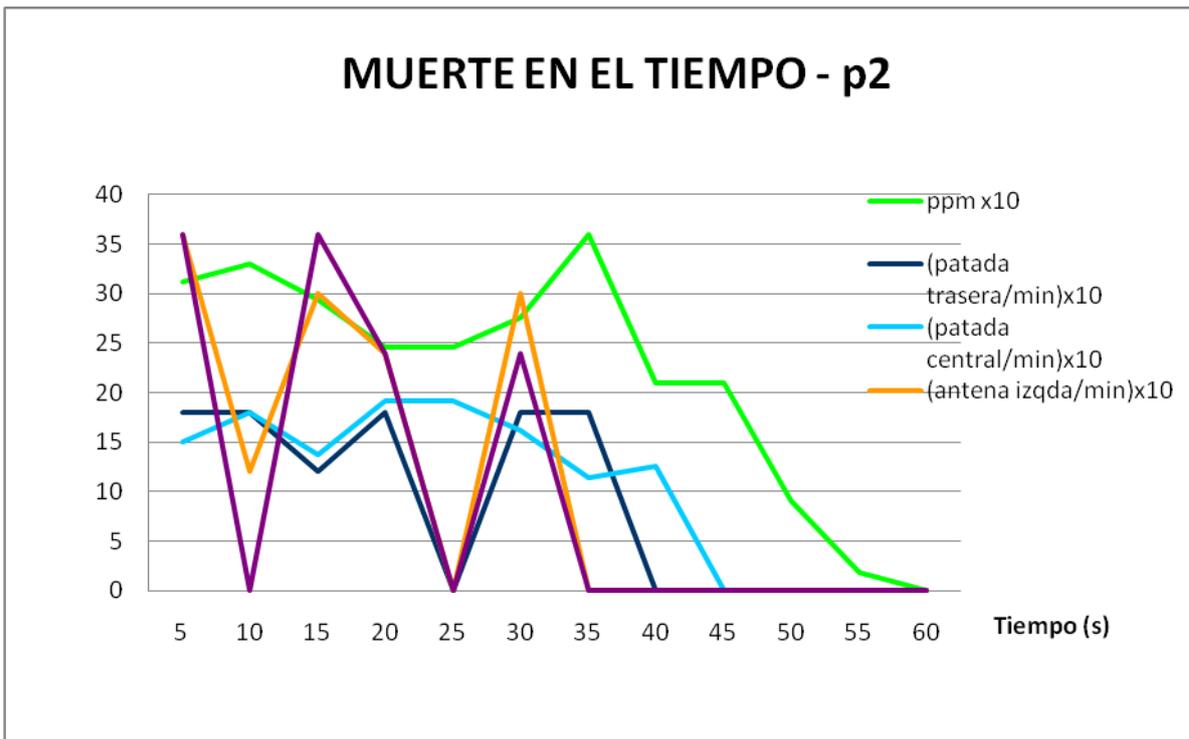
Los resultados muestran que a temperaturas bajas las ppm no se modifican, al menos la primera media hora, mientras que a temperaturas por encima de 30°C las ppm se mantienen estables los 5 primeros minutos, para terminar desapareciendo (muerte del sujeto) más tarde.

9. EVOLUCIÓN DE LA MUERTE DE DAPHNIA EN AUSENCIA DE AGUA.

(Tablas de p2m y p3m respectivamente.)

Tiempo(mi n)	pp m x 10	(patada trasera/min)x 10	(patada central/mi n) x 10	(antena izqda/min)x 10	(antena dcha/min)x 10
0	34,8	24	15,6	12	12
5	31,2	18	15	36	36
10	33	18	18	12	0
15	29,4	12	13,8	30	36
20	24,6	18	19,2	24	24
25	24,6	0	19,2	0	0
30	27,6	18	16,2	30	24
35	36	18	11,4	0	0
40	21	0	12,6	0	0
45	21	0	0	0	0
50	9	0	0	0	0
55	1,8	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0

Tiempo(min)	ppm X10	(patada trasera/min)x10	(patada central/min) x 10	(antena izqda/min)x10	(antena dcha/min)x10
0	33,6	18	13,8	6	18
5	31,8	12	18,6	6	0
10	30	6	18,6	18	18
15	29,4	0	20,4	0	0
20	28,8	12	16,2	6	6
25	31,2	36	9,6	36	36
30	27	0	17,4	0	0
35	28,2	0	18	0	0
40	33,6	24	10,8	0	0
45	28,2	6	12,6	0	0
50	24,6	6	9	0	0
55	23,4	0	15,6	0	0
60	19,2	6	5,4	0	0
65	23,4	0	0	0	0
70	21	0	0	0	0
75	21	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0
85					
90					
95					
100					
105					
110					
115					
120	5,4	0	0	24	24
125	5,4	0	2,4	0	0



Como se observa en las gráficas, las ppm empiezan a disminuir con el tiempo de manera relativamente moderada hasta el minuto 40-45. Hasta entonces las patadas trasera y central fluctúan de manera irregular. Es a partir de dicho tiempo cuando el movimiento de las patas se detiene para un poco más tarde, unos 15 minutos después, hacerlo el corazón.

Fortuitamente se dio la casualidad de que se puso a la pulga p3 en agua a ver si una burbuja de aire que incluía en su interior se desvanecía o no (ver foto). Al mirarla 40 minutos después cuál fue nuestra sorpresa al comprobar que su corazón

latía y realizaba alguna patadas centrales, eso sí todo ello de manera muy tenue. La burbuja de aire había desaparecido (ver foto). Asistíamos a lo que para nosotros era una *ii*Resurrección!!



VI. ESTUDIOS PENDIENTES

Desde luego no pretendemos hacer una tesis doctoral con la pulga – aunque sería una buena idea –, tan sólo hemos querido abordar varias líneas de investigación que se nos ocurrían a medida que profundizábamos sobre este organismo.

Tal es así, que nos han quedado muchas cosas por terminar y otras tantas por empezar, tales como

- En cuanto a las drogas, aparte de completar el estudio con la nicotina y la cafeína, quizás resultase interesante abordar la actividad que tienen ciertas plantas de nuestra comunidad canaria, tan rica en biodiversidad. Obviamente esto requería procesos químicos de purificación, que serían trabajados en colaboración con el departamento de física y química.
- ¿Podríamos hacer drogodependientes a nuestras pulgas de agua? Y si lo consiguiésemos, ¿tendrían el equivalente al síndrome de abstinencia en su ausencia?
- ¿Cómo le afectarán otros ritmos musicales distintos del rock & roll? Algunos monótonos como el rap, otros como la música clásica con *crescendos*, etc.
- ¿Cómo es la tasa de reproducción en condiciones óptimas y en condiciones adversas?
- ¿Cómo les afecta la electricidad?
- ¿Y el magnetismo?
- ...

VII. CONCLUSIONES

1. La transparencia de la pulga de agua permite realizar un estudio didáctico muy útil en lo que respecta a su anatomía y fisiología externa (tamaño, cabeza, patas, antenas, valvas) e interna (tubo digestivo, ojo, corazón y sistema circulatorio).

2. El hecho de que se observe tan claramente a las hembras con las crías en su interior resulta muy atractivo para explicar los procesos de reproducción sexual y asexual, incluyendo la partenogénesis. De la misma manera da pie para entender las distintas estrategias de reproducción según las condiciones ambientales y la densidad de la población.

3. *Respecto a las drogas:*

a) El alcohol disminuye las ppm y el movimiento de las patas de la pulga de agua. Si se suprime, la pulga comienza a "despejarse".

b) El sumial y el tetrazepan reducen fuertemente las ppm mientras que el dezacor lo hace más levemente.

c) Las infusiones de té-menta, manzanilla y tila tal y como nos las bebemos no ejercen efecto aparente sobre la pulga.

4. Mientras las pulgas oyen música durante 3 minutos a un volumen alto siempre disminuye algo su número de brazadas o desplazamientos y éste aumenta claramente al finalizar la audición. El ritmo cardíaco muestra también cierta tendencia a subir al acabar la música.

5. A mayor tamaño de la pulga mayor velocidad de desplazamiento, tanto del macho como de la hembra. Éstas se desplazan igual de rápido en presencia como en ausencia de un estímulo luminoso focalizado. Sin embargo, ante dicho estímulo las pulgas son capaces de mantenerse más tiempo en movimiento al dirigirse a él, recorriendo así una mayor distancia.

6. Se mantiene una relación positiva directamente proporcional entre el tamaño de la pulga y la longitud de sus antenas. Lo mismo ocurre en los humanos respecto a su altura y longitud de las piernas. Sin embargo, las pulgas tienen unas antenas que son, proporcionalmente hablando, más largas respecto a su cuerpo que nuestras piernas respecto a nuestra altura.

7. Mientras sometemos a las pulgas a una exposición elevada de luz fría (LED) disminuyen sus brazadas aunque no sus ppm.

8. Las pulgas se desplazan más en un medio donde hay otras pulgas comparado con un medio donde están solas.

9. Temperaturas por debajo de la ambiental (17°C) hasta los 5°C no afectan a las ppm de la pulga durante la primera media hora. Sí lo hacen temperaturas superiores, por encima de los 30°C, disminuyendo y parando incluso el corazón.

10. Si la pulga se deshidrata, disminuye su ritmo cardíaco de forma progresiva hasta que a partir de un momento umbral (entre el minuto 45-70) cae de forma drástica. El batido de las patadas centrales cae drásticamente 15 minutos antes.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- * Environmental Inquiry, (2006). "*Bioassays Using Daphnia: Why Daphnia?*" Cornell University and Penn State University
<http://ei.cornell.edu/toxicology/bioassays/daphnia/>
- * Clare, J., (2002). "*Daphnia: An Aquarist's Guide*" A Caudata.org website
<http://www.caudata.org/daphnia/>.
- * Wikipedia contributors. (2006). "*Caffeine*" Wikipedia. The Free Encyclopedia
<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Caffeine&oldid=80280255>
- * TOPS (2001). "*Teacher Reference Pages, Caffeine Extraction Lab*" Teachers+Occidental Partnership in Science, Occidental College
[<http://departments.oxy.edu/tops/Caffeine/CAFFEINE-T.pdf>]
- * DE/ICCA. (2002). "*SIDS Initial Assessment Profile, Caffeine*" SIAM 14 (March): 26-28 http://www.jetoc.or.jp/HP_SIDS/pdf/files/58-08-2.pdf.
- * Kamai, J. and V. Allbrett. (2002). "*Kava Decreases the Heart Rate of Daphnia*" *Sci-Journal*
http://www.sci-journal.org/index.php?template_type=report&id=53&htm=reports/a8/index.htm&link=reports/home.php&c_check=1
- * Carlson, J. (1999). *Why does ethanol slow down the heart rate of daphnia?* (www.madsci.org/posts/archives/mar99/922685827.Gb.r.html).
- * LaFave, N. (2003). *Virtual Water Flea Experiment*.
<http://www.geocities.com/nck12nlafave/daphnia.htm>.
- * Enciclopedia libre universal en español.
<http://enciclopedia.us.es/index.php/Pulga>
- * Cría de la pulga de agua.
<http://www.botanical-online.com/animales/pulgadeagua.htm>
- * Campbell, Neil & Jane B. Reece. (2005). *Biology*, 7th ed. Beth Wilbur ed. Benjamin Cummings Publishing, San Francisco, CA. pp 833-834.
- * Helms, Doris, Carl Helms., Robert Kosinski & John Cummings. (1998). *Biology in the Laboratory*, 3rd ed. Judith Wilson ed. W.H. Freeman and Company Publishing, New York, New York. pp. 38-14 – 38-16