

Grado en Biología

Memoria del Trabajo de Fin de Grado

Análisis bibliométrico de los estudios de comportamiento en macroinvertebrados acuáticos de agua dulce

Análise bibliométrica dos estudos de comportamento en macroinvertebrados acuáticos de auga doce

Bibliometric analysis of freshwater macroinvertebrate behavioral studies



Claudia Rey Rodríguez

Febrero, 2017

*Tutor(es) Académico: María José Servia García
Lucía Couceiro López*

De izquierda a derecha:

Gammarus sp. (fuente: Google Imágenes por desconocido)

Baetis sp. (fuente: Google Imágenes por desconocido)

Procambarus clarkii (fuente: Google Imágenes por desconocido)

ÍNDICE:

Resumen/Resumo/Summary

Palabras clave

1.	Introducción.....	pg1
2.	Objetivos.....	pg1
3.	Material y métodos.....	pg2
4.	Resultados y Discusión.....	pg5
5.	Conclusiones / Conclusions.....	pg18
6.	Bibliografía.....	pg19

RESUMEN

En el presente trabajo se llevó a cabo un análisis bibliométrico con el fin de evaluar el estado de los estudios sobre comportamiento de macroinvertebrados acuáticos de agua dulce. Para ello se realizaron una serie de búsquedas bibliográficas sistemáticas desde el año 1900 hasta la actualidad en: (i) la base de datos *Science Citation Index Expanded* (SCIE), (ii) un subconjunto de 29 revistas incluidas en la categoría ISI *Behavioral Sciences* y (iii) en la revista *Freshwater Biology*, además las anteriores búsquedas se completaron con un análisis de ciertas publicaciones relevantes en el campo de la Ecotoxicología. Todos los resultados fueron exportados a una hoja Excel y tras ser caracterizados con detalle (p.ej. taxón estudiado, aspecto comportamental investigado), se llevó a cabo un análisis descriptivo de los rasgos más relevantes de los mismos. Los resultados obtenidos a partir de las distintas búsquedas mostraron una considerable disparidad, poniendo de manifiesto la diversidad de enfoques, técnicas y perspectivas en el estudio del comportamiento animal.

RESUMO

No presente traballo levouse a cabo unha análise bibliométrica co fin de avaliar o estado dos estudos sobre comportamento en macroinvertebrados acuáticos de auga doce. Para isto, realizáronse unha serie de procuras bibliográficas sistemáticas dende o ano 1900 ata a actualidade na: (i) base de datos *Science Citation Index Expanded* (SCIE), (ii) no subconxunto de 29 revistas incluídas na categoría ISI *Behavioral Sciences* e (iii) na revista *Freshwater Biology*. Ademais, as anteriores procuras completáronse coa análise de certas publicacións relevantes no campo da Ecotoxicoloxía. Tódolos resultados foron exportados a unha folla Excel e tras ser caracterizados en detalle (p. ex. taxón estudado, aspecto comportamental investigado), levouse a cabo unha análise descritiva dos rasgos mais relevantes dos mesmos. Os resultados obtidos a partir das distintas procuras mostraron unha considerable disparidade, poñendo de manifesto a diversidade de enfoques, técnicas e perspectivas no estudo do comportamento animal.

SUMMARY

In this study a bibliometric analysis was carried out with the purpose of evaluating the state of the art of behavioural studies in freshwater macroinvertebrate. Thus, a series of systematic bibliographic searches were made from 1900s to present in: (i) the *Science Citation Index Expanded* (SCIE) database, (ii) a subset of 29 journals included in the category of ISI *Behavioral Sciences* and (iii) the *Freshwater Biology* journal. Also, these searches were completed with the analysis of certain relevant publications in the field of Ecotoxicology. All the results were transferred to an Excel sheet and after being characterized in detail (eg. studied taxon, behaviour of interest) a descriptive analysis of the most relevant characteristics was carried out. Results obtained in the different searches show a considerable disparity, revealing the diversity of approaches, techniques and perspectives in animal behaviour.

PALABRAS CLAVE

Agua dulce, Ecología comportamental, Ecotoxicología, Etología, macroinvertebrado.

1.- INTRODUCCIÓN

El término "bibliometría" es frecuentemente atribuido a Pritchard, quien lo acuñó para reemplazar la expresión un tanto ambigua de "bibliografía estadística" (Hood & Wilson, 2001). Pritchard definió la bibliometría como "la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a los libros y otros medios de comunicación" (Pritchard, 1969). Así, la bibliometría permite rastrear diferentes características de la investigación en un campo dado, tales como autorías, colaboraciones, orígenes geográficos, citas, etc. De hecho, el análisis bibliométrico se ha aplicado a una variedad de campos en las ciencias experimentales, incluyendo el estudio de la biodiversidad, los ecosistemas acuáticos o incluso especies concretas (Guo et al., 2016).

El nacimiento de la Etología responde al interés por comprender la variedad de comportamientos que en diferentes situaciones exhiben los individuos de diferentes especies (Carranza, 1994). Hoy en día la Etología se ha convertido en un área de conocimiento amplísima que muestra vínculos muy estrechos con otras áreas, como la Neurobiología, la Ecología o la Genética de poblaciones (Staadén, 1998; Owens, 2006). Sin embargo, a pesar de la diversidad de trabajos que se están realizando en las últimas décadas, existe todavía un claro predominio de los estudios realizados con vertebrados frente a los realizados con invertebrados (ver por ejemplo Owens, 2006). Esta falta de estudios en invertebrados podría ser debida a la creencia tradicional de que éstos responden estereotípicamente a los estímulos y por lo tanto deben presentar pocas o ninguna diferencia individual en el comportamiento, aunque algunos trabajos actuales desafían esta idea (Kralj-Fiser & Schuett, 2014).

Los macroinvertebrados de agua dulce pueden definirse como aquellos organismos invertebrados que viven en hábitats acuáticos en algún momento de su ciclo de vida y que pueden ser atrapados por una malla con un calibre entre 200 y 500 mm (Rosenberg & Resh, 1993). Juegan un papel importante en los ecosistemas de agua dulce al alimentarse de algas, detritos gruesos o partículas orgánicas finas y proporcionando alimento para niveles tróficos más altos. (Schmera et al., 2017). De hecho, la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE) establece el uso de determinados grupos de organismos para determinar el estado ecológico de las masas de agua, y entre ellos se encuentran los macroinvertebrados.

2.- OBJETIVOS

Este trabajo pretende proporcionar un retrato de la investigación sobre el comportamiento de macroinvertebrados de agua dulce. Por ello, los objetivos específicos del mismo son:

- 1.- Establecer estrategias de búsqueda adecuadas, ya que existe cierta dificultad para elegir los términos de búsqueda debido a que es un grupo muy amplio que engloba una gran variedad de taxones.
- 2.- Analizar la abundancia de trabajos realizados en los distintos grupos taxonómicos tratando de averiguar los motivos.

3.- Analizar la evolución temporal de la publicación de estudios sobre comportamiento en macroinvertebrados en el período de tiempo seleccionado (1900-actualidad).

4- Analizar los temas de estudio abordados dentro de la rama del comportamiento animal en este grupo.

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

BÚSQUEDAS BIBLIOGRÁFICAS Y RECOPIACIÓN DE REFERENCIAS

La estrategia de búsqueda empleada en el presente estudio se ajustó a un “proceso iterativo de retroalimentación” (Sampson, & McGowan, 2006): (i) identificación de las fuentes de búsqueda relevantes –i.e. bases de datos–, (ii) definición de la estrategia de búsqueda, y (iii) recuperación de resultados y revisión de la estrategia si necesario. Todas las búsquedas fueron realizadas entre noviembre y diciembre de 2016.

Búsqueda #1

En una primera aproximación al campo de estudio, “comportamiento de macroinvertebrados de agua dulce” se seleccionó la base de datos *Science Citation Index Expanded* (SCIE) del *Institute of Scientific information* (ISI; Philadelphia, PA, USA). SCIE es una base de datos multidisciplinar disponible en línea a través de la plataforma *Web of Science*. En la actualidad, SCIE cubre un total de 8740 publicaciones científicas y es una de las fuentes bibliográficas más reputadas, como demuestra su amplia utilización en estudios bibliométricos (Ma & Ho, 2016).

Los términos de búsqueda *behavior**, *freshwater* e **invertebrate* fueron empleados simultáneamente utilizando el operador booleano AND con el objetivo de recuperar todas las publicaciones científicas desde el año 1900 hasta la actualidad, que contuvieran estas palabras y sus variantes flexivas e idiomáticas (p.ej. el término *behavior** engloba palabras como *behavior*, *behaviour*, *behavioral*, *behavioural*, etc; así, el término **invertebrate* abarca palabras como *macroinvertebrate*, *microinvertebrate*, etc.) en su título, resumen o palabras clave (Tabla 1).

Búsqueda #2

El número elevado de referencias proporcionado por la búsqueda anterior (>14000), así como la falta de ajuste de las mismas a la temática de interés, nos llevó a refinar los términos de búsqueda empleados. Así, se mantuvo el término *behavior** y *freshwater* e **invertebrate* pasaron a usarse entre comillas (ver Tabla 1).

Búsqueda #3

Aunque la segunda estrategia de búsqueda mostró una relativa efectividad (29% de las referencias se ajustaban a la temática de interés), el escaso número de trabajos en revistas especializadas en comportamiento (< 1%) nos llevó nuevamente a un replanteamiento de la búsqueda. Por ello, en esta nueva búsqueda se utilizaron únicamente revistas especializadas en este campo.

Dado que un número sustancial de las 51 publicaciones incluidas en la categoría de ISI *Behavioral Sciences* tienen como enfoque principal el comportamiento humano y otras áreas de conocimiento relacionadas (p. ej. *Behavioral and Brain Sciences*, o *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*), se realizó un análisis manual de los contenidos principales de todas ellas y se descartaron un total de 22 publicaciones (43.1%). En las 29 revistas la estrategia de búsqueda tuvo por único objetivo restringir los resultados a los macroinvertebrados dulceacuícolas. De esta manera, y dada la aparente impopularidad de términos como “invertebrados” o “macroinvertebrados” entre los autores de dicho subconjunto de revistas, se realizó una búsqueda empleando únicamente el término -*freshwater*– y no -“*freshwater *invertebrate*”-. Al igual que en los dos casos anteriores, la búsqueda se efectuó dentro de los títulos, resúmenes y palabras clave de todas las referencias publicadas durante el período 1900-actualidad (ver Tabla 1)

Búsqueda #4

En un porcentaje considerable de las referencias de la búsqueda #3 los organismos objeto de estudio eran peces (56.1%); no obstante, un número importante de registros fue obtenido para ciertos grupos de invertebrados, destacando los crustáceos (33 registros, 13.9%). Paradójicamente, el grupo de los insectos mostró una presencia residual en esta búsqueda (~3%). Con el objetivo de determinar si la ausencia de trabajos dentro de este grupo numeroso y diverso respondía a una estrategia de búsqueda ineficiente llevamos a cabo una nueva búsqueda cambiando los términos de búsqueda a -“*river OR lake*”- pero manteniendo iguales todos los demás parámetros (Tabla 1).

Búsqueda #5

Debido a que en la segunda búsqueda realizada se obtuvieron referencias que sí se ajustaban a la temática pero que no se encontraban en revistas propias de comportamiento, se decidió hacer una búsqueda en *Freshwater Biology* una de las revistas que acumulaba más referencias.

Los términos de búsqueda utilizados fueron – *behavior* AND macroinvertebrate**– en un período de tiempo desde 1900-actualidad.

Búsqueda #6

La búsqueda #2 también mostró trabajos sobre comportamiento de macroinvertebrados en revistas de Ecotoxicología. Así, al igual que en la búsqueda #5, todos los números de la publicación *Environmental Toxicology and Chemistry* desde el 1900 hasta la actualidad fueron objeto de una nueva búsqueda utilizando los términos -*behavior* AND macroinvertebrate**-. (ver Tabla 1). Debido a que esta búsqueda reportó un número muy bajo de referencias (ver Resultados y Discusión) se decidió revisar una serie de publicaciones relevantes en el campo de la Ecotoxicología.

Tabla 1: Tabla resumen de los parámetros utilizados en las diferentes búsquedas.

	FUENTE	PERÍODO	TÉRMINOS DE BÚSQUEDA
BÚSQUEDA #1	SCIE	1900 - actualidad	<i>behavior* AND freshwater AND *invertebrate</i>
BÚSQUEDA #2	SCIE	1900 - actualidad	<i>behavior* AND "freshwater *invertebrate"</i>
BÚSQUEDA #3	29 revistas incluidas en la categoría ISI "Ciencias comportamentales" (1)	1900 - actualidad	<i>freshwater</i>
BÚSQUEDA #4	29 revistas incluidas en la categoría ISI "Ciencias comportamentales" (1)	1900 - actualidad	<i>river OR lake</i>
BÚSQUEDA #5	<i>Freshwater Biology</i>	1900 - actualidad	<i>behavior* AND macroinvertebrate*</i>
BÚSQUEDA #6	<i>Environmental Toxicology and Chemistry</i>	1900 - actualidad	<i>behavior* AND macroinvertebrate*</i>

(1) Front Behav Neurosci, Horm Behav, Behav Genet, Anim Behav, Appetite, Behav Ecol, Behav Neurosci, Chem Senses, J Comp Psychol, Aggressive Behav, Physiol Behav, Behav Ecol Sociobiol, J Exp Anal Behav, Anim Cogn, Brain Behav Evolut, Behav Pharmacol, J Comp Physiol, Adv Stud Behav, Appl Anim Behav Sci, J Exp Psychol, Behav Brain Funct, Ethology, Ethol Ecol Evol, J Vet Behav, Behav Process, Behaviour, Learn Behav, Acta Ethol, J Ethol.

ANÁLISIS DE REFERENCIAS Y TENDENCIAS

En cada una de las búsquedas, la información relativa al título, año de publicación, autores, revista, palabras clave y tipo de referencia fueron exportadas en formato de texto e introducidas en una hoja de cálculo (Microsoft Office Excel).

Realizamos un análisis en detalle de las referencias proporcionadas por cada búsqueda creando diferentes categorías:

- **Tipo de estudio:** Separamos las publicaciones obtenidas según perteneciesen a estudios de comportamiento en macroinvertebrados o no. En alguna búsqueda creamos dos campos más, comportamiento y Ecología y comportamiento y Ecotoxicología debido al número tan representativo de este tipo de estudios en esa búsqueda.
- **Tendencias temporales:** Creamos este campo con el fin de averiguar si era posible observar algún tipo de tendencia en las publicaciones sobre comportamiento en macroinvertebrados. Las fechas de publicación de los artículos se agruparon por décadas para simplificar el análisis.
- **Clases de macroinvertebrados:** Debido al gran número de taxones que incluye el grupo de macroinvertebrados de agua dulce, decidimos agrupar las referencias según el nivel taxonómico de Clase, ayudándonos del buscador taxonómico de NCBI

(*National Center for Biotechnology Information*) para revisar el grupo taxonómico al que pertenecían los individuos estudiados en cada publicación.

- **Temática de estudio:** Tras la revisión de monografías sobre comportamiento animal creamos diferentes bloques temáticos para agrupar las publicaciones encontradas. Debido a que cada monografía tiene un enfoque diferente (por ejemplo, Danchin et al. (2008) tratan el comportamiento desde un punto más cercano a la comunicación) preferimos utilizar la división propuesta por Dugatkin (2009) y por Alcock (2013), siendo esta última nuestra principal referencia ya que es un libro recomendado por materias de muchas universidades (p. ej. Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Sevilla o Universidad de A Coruña). Los bloques creados fueron:

-Comportamiento reproductivo: Incluye trabajos sobre apareamiento, cuidado parental, reproducción y selección sexual.

-Comportamiento alimentario: Incluye estudios sobre alimentación (tipo de alimentación, forma de alimentarse, etc.) y estudios relacionados con predación y defensa (relaciones y conflictos predador-presa).

-Comportamiento espacial: Incluye estudios sobre uso del hábitat (migraciones, deriva, etc.), locomoción y también estudios de orientación.

-Comportamiento agonístico: Se incluyen todas las interacciones agonísticas, ya sean por territorialidad, competencia por hembras, acceso a un recurso, etc.

-Varios: Se incluyen tanto estudios que abordan el estudio del comportamiento de forma amplia y general como tipos de estudios con un número bajo de referencias (memoria y aprendizaje, identificación del parentesco...).

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se explica a continuación, el éxito relativo de las distintas búsquedas –medido como el porcentaje de publicaciones recuperadas que se ajustaban a la temática de interés– varió considerablemente entre las mismas. Además, los resultados obtenidos en cada una de ellas también exhibieron diferencias notables en aspectos tan relevantes del análisis como grupos taxonómicos estudiados o aspectos comportamentales contemplados. Todo ello sugiere que el análisis bibliométrico de los estudios de comportamiento en macroinvertebrados acuáticos de agua dulce es un proceso complejo que requiere considerar áreas y aproximaciones muy diversas.

Búsqueda #1

Esta búsqueda ofreció un número muy elevado de referencias (>14000). Además, una inspección rápida de los títulos de las mismas reveló una falta de ajuste la temática de interés. En consecuencia, se descartó la realización de cualquier análisis adicional y se decidió prescindir de esta búsqueda.

Búsqueda #2

La búsqueda #2 devolvió un total de 167 referencias. En contra de lo que cabría suponer, un porcentaje considerable de las mismas no guardaba relación con el comportamiento de macroinvertebrados (71%, ver Figura 1). Además, dentro del 29% restante fue posible distinguir tres tipos principales de estudios: estudios de comportamiento propiamente dicho en este grupo (15%), estudios de Ecología del comportamiento (donde la parte ecológica tiene un mayor peso; 4%) y estudios de Ecotoxicología donde el comportamiento de los macroinvertebrados se utiliza como indicador del efecto de algún tipo de agente o sustancia.

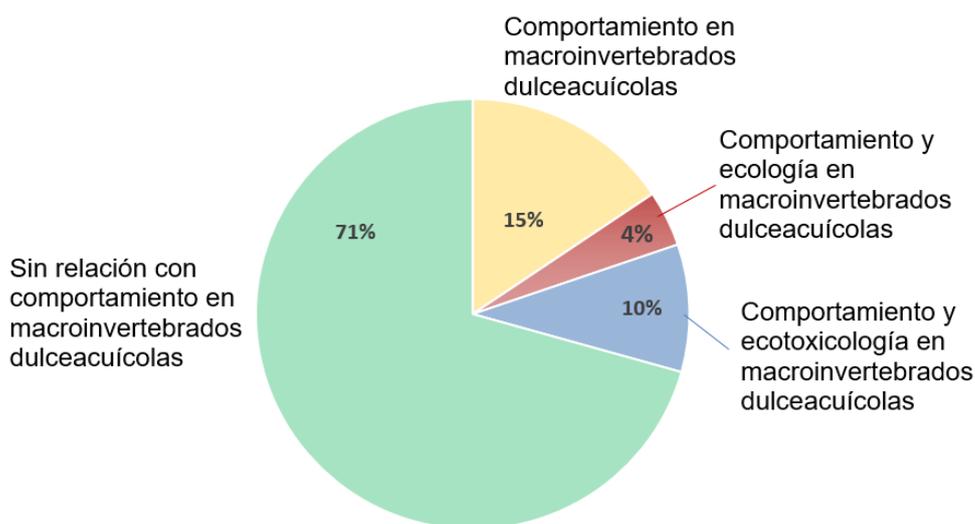


Figura 1: Proporción de estudios recuperados a partir de las 167 referencias de la búsqueda #2 que se ocupan del comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas.

El análisis de los grupos taxonómicos estudiados en los 48 trabajos de comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas (esto es, incluyendo los trabajos de Ecología del comportamiento y Ecotoxicología) muestra un predominio de la Clase Malacostraca (31% del total, Figura 2).

Un análisis en detalle de dichas referencias revela que la mayoría de los estudios abordan el comportamiento de distintas especies de cangrejos de río, tanto de géneros invasores como nativos (*Procambarus*, *Austropotamobius*, etc).

Esta abundancia no resulta sorprendente si tenemos en cuenta que los cangrejos de río son los invertebrados de mayor tamaño en muchos hábitats de agua dulce y constituyen un componente fundamental de la red trófica (Lodge et al., 2000). Por otro lado, algunas especies de cangrejos de río han sido introducidas fuera de su rango natural de distribución y suponen una seria amenaza para la fauna nativa. Por ejemplo, el cangrejo rojo de Luisiana, *Procambarus clarkii*, es uno de los cangrejos de río con mayor capacidad de invasión y ha colonizado amplias áreas geográficas, por lo que ha recibido una considerable atención (Marques et al., 2015).

Destacan igualmente dentro de la Clase Malacostraca las referencias sobre el género *Gammarus*, organismos que se usan frecuentemente para test de ecotoxicidad, ya que

tienen diferentes respuestas a químicos contaminantes (Bloor, 2010). Además, el Orden *Amphipoda* es otro de los grupos de con mayor número de especies invasoras en agua dulce (Bacela & Velde, 2013).

Otro bloque de relevancia es el de Varias especies, que engloba las referencias que tratan en conjunto las comunidades de macroinvertebrados (p. ej. Florencio et al., 2013).

La Clase Insecta representa el 19% de los estudios de comportamiento de esta búsqueda, con: trabajos que se centran principalmente en los Órdenes *Odonata*, *Trichoptera* y *Coleoptera* (7 de 9 referencias, ~77%). Entre los trabajos sobre estos Órdenes encontramos estudios sobre relaciones predador-presa (p. ej. Wissinger & McGrady, 1993), tipos de hábitats y capacidad de dispersión (p. ej. Curry & Baird, 2015).

Los trabajos sobre la clase Gastropoda representan el 17% de las referencias sobre comportamiento (Figura 3). Así, destacan varios estudios sobre la relación predador-presa, donde el mecanismo de quimiorrecepción de estos organismos juega un papel importante como Turner & Chislock, 2010. Cabe señalar igualmente la presencia de un número considerable de trabajos sobre *Potamopyrgus antipodarum*, especie nativa de Nueva Zelanda que ha invadido muchos ecosistemas acuáticos alrededor del mundo, y que es empleada con frecuencia en estudios de ecotoxicología (Alonso & Camargo, 2011).

El análisis de la evolución temporal de los trabajos proporcionados por la búsqueda #2 (Figura 3) revela un aumento constante del número de publicaciones sobre el comportamiento de macroinvertebrados desde la década de los 70. Los trabajos sobre la Clase más abundante, Malacostraca, muestran una tendencia similar, aunque en los últimos años parece que se han incorporado nuevos grupos taxonómicos a este tipo de estudios.

Es de destacar que con esta búsqueda no hemos encontrado ninguna referencia anterior a la década de los 70. La ausencia de publicaciones durante el primer tercio del S.XX no resulta sorprendente si se tiene en cuenta que la mayoría de las revistas científicas no son tan antiguas. Por ejemplo, aunque *Journal of Animal Ecology* publica por primera vez en 1932, *Freshwater Biology* aparece en 1971, *Aquatic Toxicology* en 1981, etc.

Además, en 1973 Konrad Lorenz, Nikolaas Tinbergen y Karl R. von Frisch recibieron el premio Nobel de Fisiología o Medicina por sus estudios en comportamiento animal, lo que contribuyó a visibilizar esta disciplina.

Dentro de la búsqueda #2, *Freshwater Biology* es la revista que recoge más referencias (Anexo I). Se trata de una revista que publica artículos sobre todos los aspectos de la ecología de las aguas superficiales continentales. Así, el hecho de que sea la publicación con más referencias podría deberse a que los términos de búsqueda que utilizamos - *behavior** AND *freshwater invertebrate*- son muy utilizados por los autores que publican en esta revista.

Aunque con un número mucho más bajo de referencias, resulta interesante la presencia de una revista de Ecotoxicología *Environmental Toxicology and Chemistry* (ver resultados de la búsqueda #6)

Sin duda, el resultado más llamativo de esta búsqueda es que únicamente ofrece una referencia publicada en una revista de comportamiento, *Journal of Ethology* lo que obliga a analizar en profundidad este tipo de revistas utilizando nuevos términos (ver búsqueda #3).

Las categorías comportamentales dominantes en esta búsqueda son el comportamiento alimentario (46%) y el comportamiento espacial (37%) (Figura 4). La mayor parte de los trabajos de comportamiento alimentario se centran en las relaciones predador-presa (15 de 22 referencias ~68%) (ver Torres et al., 2015) Entre las referencias sobre comportamiento espacial abundan trabajos sobre los movimientos respuesta de los organismos ante contaminantes y tóxicos o movimientos de deriva y migraciones (ver Huryn & Denny., 1997).

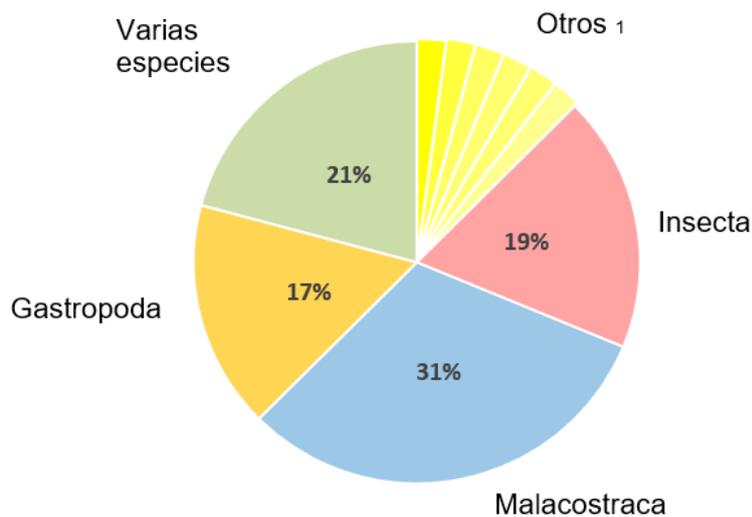


Figura 2: Grupos taxonómicos contemplados en las 48 referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #2.
*Otros*¹: Bivalva, Turbellaria, Branchiopoda, Enopla, Maxillopoda, Hirudinea.



Figura 3: Evolución temporal de las 48 referencias de comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #2 así como del subconjunto relativo a la Clase Malacostraca.

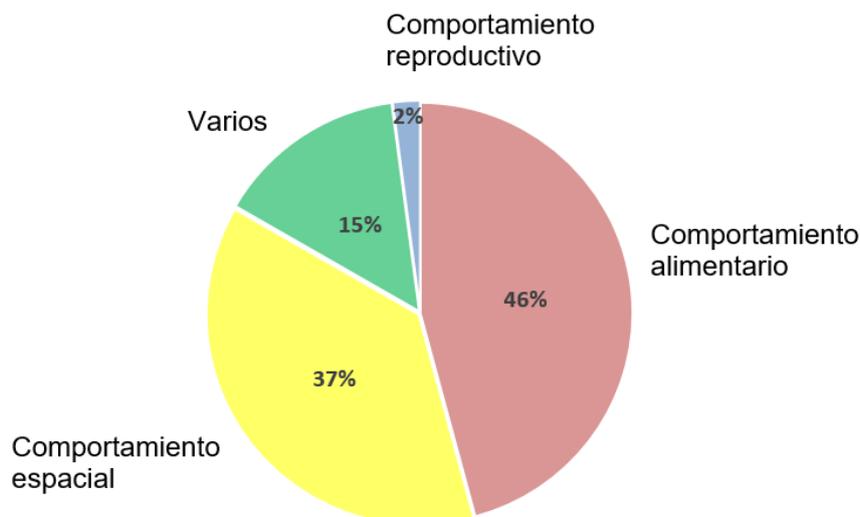


Figura 4: Aspecto comportamental contemplado en las 48 referencias sobre macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #2.

Búsqueda #3

A pesar de que únicamente una referencia de las 167 recuperadas con la búsqueda #2 había sido publicada en una revista especializada en comportamiento, la búsqueda #3 – limitada a los contenidos de 29 revistas especializadas en dicha área– devolvió un total de 237 referencias. No obstante, como cabía esperar a partir de la vaguedad del término de búsqueda empleado (*-freshwater-*), únicamente 72 referencias de las 237 (30%) se ocupaban de algún aspecto comportamental de macroinvertebrados mientras que las 165 referencias restantes tenían por objetivo el estudio del comportamiento en otros grupos (Figura 5), principalmente peces (134 referencias) y tortugas (13 referencias).

Igual que en la búsqueda anterior el grupo taxonómico mejor representado fue la Clase Malacostraca (41%; Figura 6) con predominio de los trabajos sobre cangrejos de río (14 referencias) y anfípodos (11 referencias). La Clase Gastropoda también mostró un elevado número de referencias (36%; Figura 6) principalmente estudios sobre la especie *Potamopyrgus antipodarum* (~19%). Cabe destacar que esta nueva búsqueda también recuperó un elevado número de referencias en las cuales el comportamiento era estudiado en especies hermafroditas simultáneas como *Physa acuta* (8 referencias), *Physa girina* (5 referencias), *Lymnaea stagnalis* (6 referencias).

Puesto que los hermafroditas simultáneos pueden actuar indistintamente como machos y hembras, son organismos especialmente proclives a presentar conflictos sexuales y, en consecuencia, constituyen excelentes modelos con el fin de investigar dichos procesos (p.ej. Facon et al., 2007).

El análisis de la evolución temporal de los trabajos proporcionados por esta búsqueda (Figura 7) es semejante a la observada en la búsqueda anterior (Figura 4). Así, de nuevo se observó una ausencia total de publicaciones antes de la década de 1970 y un incremento más o menos gradual de las mismas desde entonces. El mismo patrón pudo observarse al considerar únicamente el subconjunto de referencias en la Clase Malacostraca.

Un tercio de las referencias recuperadas se encontraron en la revista *Animal Behaviour* (ver Anexo II). De hecho, a pesar de que la búsqueda se llevó a cabo en las 29 revistas incluidas en la categoría ISI “*Behavioral Sciences*”, la mitad de ellas no proporcionó ninguna referencia y nueve de ellas tan solo contuvieron una o dos referencias. Por una parte, esto parece deberse al hecho de que algunas de las revistas incluidas en la categoría ISI “*Behavioral Sciences*” no se ajustan a la misma y que simplemente publican artículos relacionados con esta área ocasionalmente. Por ejemplo, *Animal Cognition* es una revista interdisciplinar que publica estudios tanto sobre humanos como sobre otras especies animales. De hecho, la reducida utilidad de las categorías ISI en estudios bibliométricos a causa de su amplitud excesiva ha sido puesta de manifiesto en diferentes estudios (p.ej. Jaric et al., 2012). Por otra parte, es importante tener presente que la Etología es un campo multidisciplinar, por lo que hay algunas revistas que muestran un ámbito mucho más específico y se centran en un aspecto del comportamiento, así, cabría esperar que dichas revistas (p. ej. *Behavioral Genetics*; *Agressive Behavior*) hubiese un número relativamente bajo de referencias al incluir éstas trabajos sobre temas muy concretos.

La categoría comportamental más representada en esta búsqueda es el comportamiento reproductivo (44%) (Figura 8). Los principales trabajos (11 de 31 referencias ~35%), son sobre la reproducción en especies hermafroditas como ver Graham et al. (2015). El resto de trabajos abordan temas reproductivos muy dispares como el éxito reproductivo (Wellborn, 1995) o la territorialidad de las hembras para proteger a la descendencia (Figler et al., 2001). Los grupos de estudio más representativos sobre el comportamiento reproductivo son los crustáceos (16 referencias de 31, 51.6%) y los gasterópodos (11 de 31 referencias, ~35.8%). El 75% de los trabajos de comportamiento alimentario son sobre las relaciones predador-presa (ver Wilson et al., 2012). En esta búsqueda el comportamiento espacial tan solo representa el 11% de las referencias incluyendo estudios de uso del hábitat (Turner, 1996), u orientación (Horváth et al., 2015). Otro 11% de las referencias incluyen estudios sobre el comportamiento agonístico (p. ej. Gabbanini et al., 1995) en Crustáceos.

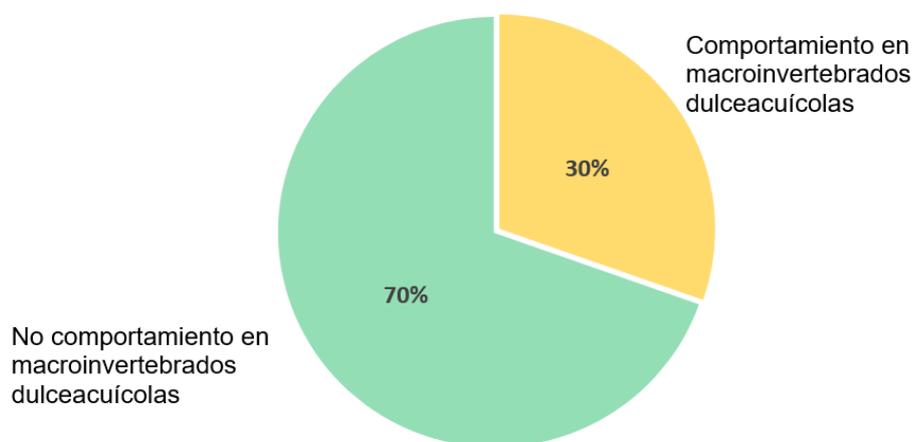


Figura 5: Proporción de estudios recuperados a partir de las 237 referencias de la búsqueda #3 sobre que se ocupan del comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas.

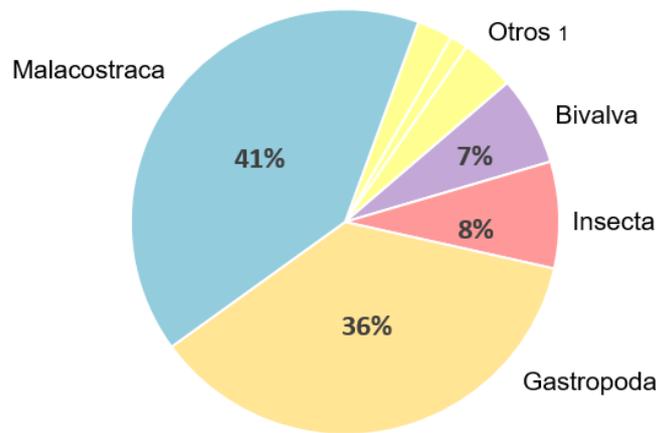


Figura 6: Grupos taxonómicos contemplados en las 72 referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #3.
*Otros*¹: Turbellaria 1%, Branchiopoda 4%, varias especies 3%.

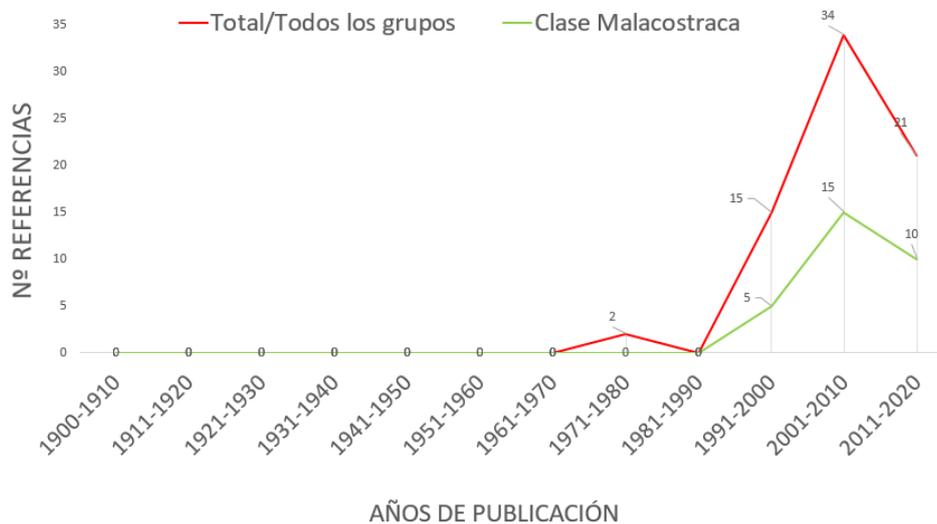


Figura 7: Evolución temporal de las 72 referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #3 así como del subconjunto relativo a la Clase Malacostraca.

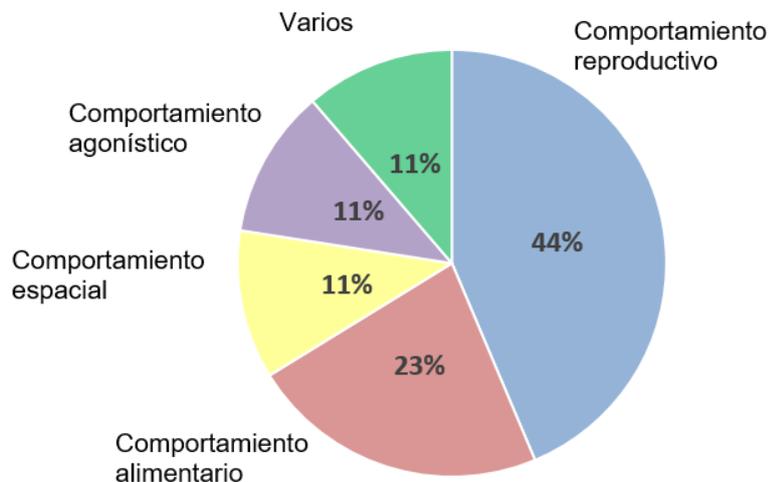


Figura 8: Aspecto comportamental contemplado en las 72 referencias sobre macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #3.

Búsqueda #4

El hecho de remplazar el término de búsqueda *-freshwater-* por los términos *-river OR lake-* ocasionó un incremento sustancial en el número de referencias recuperadas (de 237 referencias en la búsqueda #3 a 1458 referencias en la #4). Este mayor éxito no se reflejó en una mayor proporción de estudios sobre comportamiento de macroinvertebrados y únicamente 77 de las 1458 referencias (~5%) se ocupaban de algún aspecto comportamental este grupo (Figura 9).

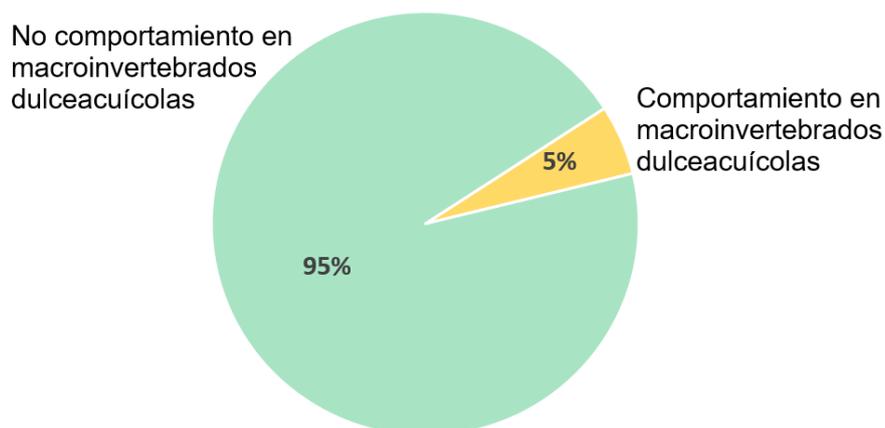


Figura 9: Proporción de estudios recuperados a partir de las 1458 referencias de la búsqueda #4 sobre que se ocupan del comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas.

De nuevo, en las 77 referencias útiles se observa un predominio de trabajos sobre la Clase Malacostraca (~46%, Figura 10) y, en concreto, distintas especies de cangrejos de río (p.ej. *Orconectes rusticus*, *Orconectes virilis*, *Pacifastacus leniusculus*) así como distintos miembros del género *Gammarus*. Sin embargo, a diferencia de lo mostrado por las búsquedas #2 y #3, la Clase Insecta también ocupó una posición destacada (40% del total de registros, Figura 10)

El análisis del conjunto de referencias relativo a dicha Clase mostró que casi la mitad de los registros (14 referencias, ~45%) se ocupaban del estudio del Orden *Odonata* mientras que la frecuencia de trabajos en otros grupos era considerablemente menor (16% para el Orden *Diptera*, 13% para el Orden *Coleoptera*, 13% para el Orden *Trichoptera*, 10% para el Orden *Ephemeroptera* y 3% para el Orden *Plecoptera*).

Dicho análisis también reveló que la inmensa mayoría de los registros sobre Odonatos (13 de 14; >90%) tenían por objetivo el estudio de algún aspecto de su comportamiento reproductivo: selección sexual (p.ej. Contreras- Garduño et al., 2007), comportamiento precópula (p.ej. Raihani et al. 2008) o esfuerzo reproductivo en hembras (p.ej. Córdoba-Aguilar, 2009) entre otros. La idoneidad del Orden *Odonata* para estudiar el comportamiento reproductivo ha sido repetidamente puesta de manifiesto dada la facilidad con la cual pueden marcarse y observarse los individuos adultos de este grupo, así como la amplia gama de tácticas de apareamiento que exhiben (Raihani et al., 2008)

Las referencias para el Orden Diptera (5 referencias, 16.1%) también muestran un predominio de los trabajos relativos al comportamiento reproductivo (4 referencias, 80%). De hecho, 3 de las 5 referencias se ocupan de la misma especie, *Tokunagayusurika akamusi*, un quironómido cuyos machos exhiben distintas estrategias de apareamiento. (Takamura, 1999)

La mayor parte de las referencias recuperadas para de la Clase Insecta se centran en el estudio de los estadios aéreos adultos (25 de 31 referencias, >80%) y únicamente 6 de 31 registros en las fases acuáticas inmaduras. Este resultado contrasta con el de la búsqueda #3 donde un 67% de los trabajos se ocupaban de las fases inmaduras acuáticas. Esto sugiere que los términos de búsqueda empleados podrían sesgar el tipo de referencias recuperadas en este grupo taxonómico concreto (dominan las fases inmaduras acuáticas cuando se utiliza el término *-freshwater-* y las aéreas cuando se utilizan los términos *-river OR lake-*).

Finalmente, el 14% restante de las referencias incluía estudios de la Clase Gastropoda (8) en Otros.

El análisis de la evolución temporal de los trabajos proporcionados por esta búsqueda (Figura 11) sigue siendo similar a la de búsquedas anteriores y la de la Clase Insecta es casi paralela a la global hasta la década de 1990, habiendo a partir de ahí una diversificación de estudios en otras Clases.

Como en la búsqueda anterior más de un tercio de las referencias recuperadas fue publicado en la revista *Animal Behaviour* y más de la mitad de las revistas contempladas en la búsqueda no aportaron ninguna referencia (Anexo III). De hecho, la utilidad dispar de las 29 revistas seleccionadas se refleja claramente en el hecho de que el 80% de las referencias recuperadas fueron publicadas en un 17% de las revistas.

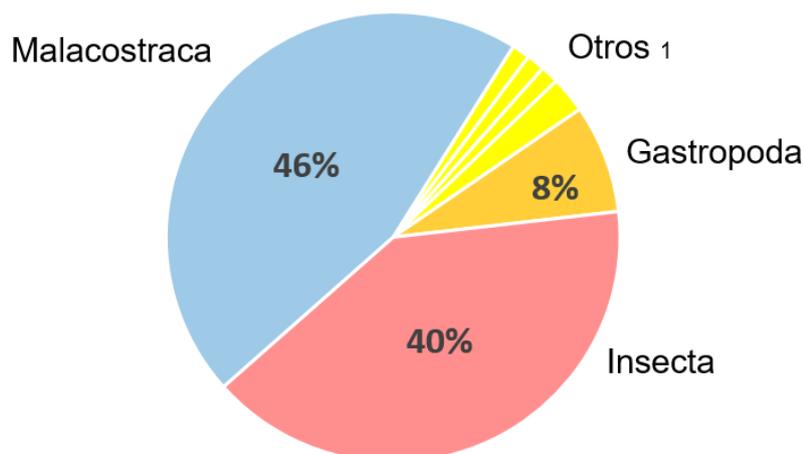


Figura 10: Grupos taxonómicos contemplados en las 77 referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #4.

*Otros*¹: Bivalva 3%, Turbellaria 1%, Branchiopoda 1% y Arachnida 1%.

En esta búsqueda la categoría comportamental más representativa fue el comportamiento reproductivo (35%) (Figura 12). Algunos de estos trabajos se centraban en el apareamiento

en sí, ya sea el éxito del mismo (Carchini et al., 2000), competencia entre machos (Galipaud et al., 2015) o estrategias reproductoras alternativas (Forsyth & Montgomerie, 1987). Los trabajos sobre comportamiento alimentario se vuelven a centrar, como en búsquedas anteriores, en las relaciones predador-presa, (ver Pintor & Byers, 2015).

El comportamiento agonístico tan solo incluye el 11% de las referencias. Los trabajos de este campo se centran en las interacciones agonísticas ver Gherardi & Cioni (2004) sobre todo entre Crustáceos (12 de 17 referencias ~70%). Las referencias de comportamiento espacial engloban trabajos sobre orientación (Brown & Hatch, 1929) o uso del hábitat (Turner, 1996), mientras que la categoría Varios engloba trabajos de cognición y de comportamiento desde un punto de vista general.

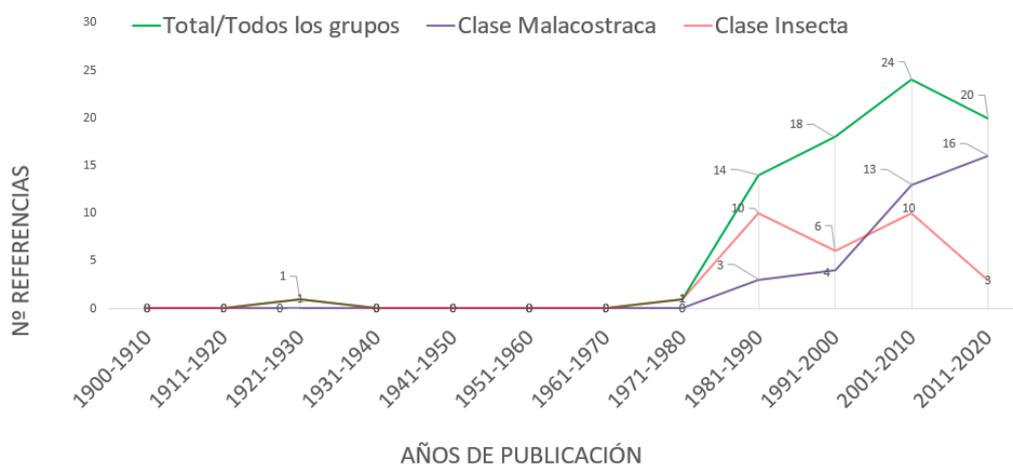


Figura 11: Evolución temporal de las 77 referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #4 así como del subconjunto relativo a la Clase Malacostraca y de la Clase Insecta.

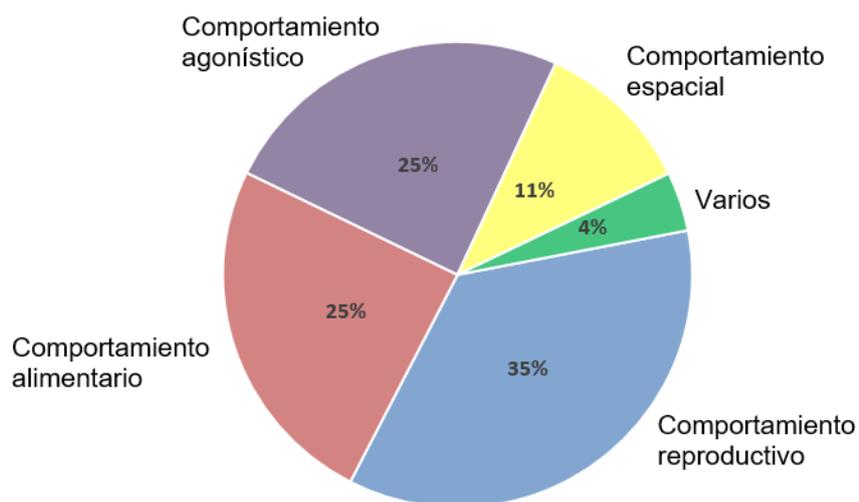


Figura 12: Aspecto comportamental contemplado en las 77 referencias sobre macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #4.

Búsqueda #5

A pesar de que la revista *Freshwater Biology* era una de las publicaciones que recogía artículos sobre comportamiento de macroinvertebrados (ver búsqueda #2), el uso de estos dos términos - *behavior AND macroinvertebrate* - proporciona aún así una gran cantidad de referencias no relacionadas con dicho grupo (Figura 13).

El análisis de los grupos taxonómicos (Figura 14) en los que se estudia su comportamiento revela que la mitad de las referencias encontradas son sobre la Clase Insecta, grupo con mayor diversidad de representantes entre los macroinvertebrados de agua dulce (Oscoz et al., 2011).

Entre estas publicaciones abundan los estudios sobre comportamiento espacial en prácticamente todos los Órdenes (*Ephemeroptera*, *Trichoptera*, *Diptera*, etc) (13 referencias de 21 sobre insectos ~62%), mientras que la Clase Malacostraca, que en todas las búsquedas anteriores era la más abundante, representa solo el 22% de las referencias.

El análisis de la evolución temporal (Figura 15) revela que, hasta el año 2000, la inmensa mayoría son realizados en insectos, mientras que a partir de ese momento los grupos estudiados parecen diversificarse.

En esta búsqueda las temáticas comportamentales son semejantes a las observadas en la búsqueda #2. Muchas de las referencias recogidas son sobre comportamiento espacial y comportamiento alimentario (Figura 16). La mitad de los trabajos sobre comportamiento espacial son en la Clase Insecta (14 de 26 referencias, ~54%). Estos estudios se centran en los movimientos de deriva o movimientos en la columna de agua (18 de 26 referencias ~69%) (ver Oldmeadow et al., 2010). Dentro del comportamiento espacial encontramos también trabajos sobre uso del hábitat (ver Van Overdijk et al., 2003). Los trabajos de comportamiento alimentario se centran en el tipo de alimentación de los organismos (Ledger & Hildrew, 2000; Wolf et al., 1997) o en las relaciones predador-presa (5 de 13 referencias ~38%) por ejemplo Covich et al. (2009); Reisinger et al. (2015).

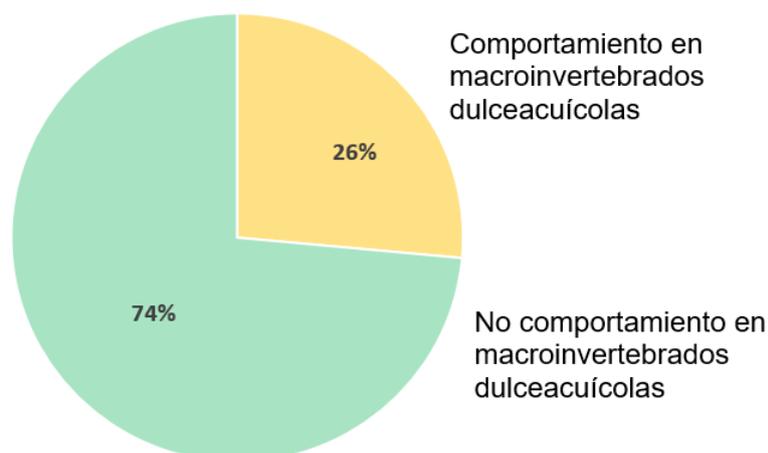


Figura 13: Proporción de estudios recuperados a partir de las 155 referencias la búsqueda #5 sobre que se ocupan del comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas.

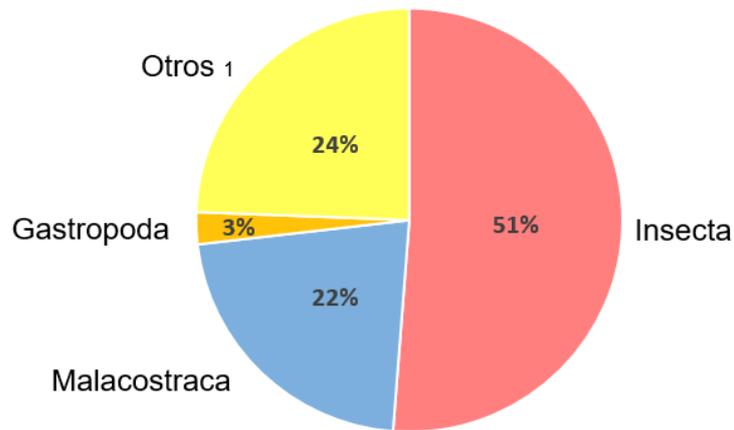


Figura 14: Grupos taxonómicos contemplados en las 41 referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #5. *Otros*¹: trabajos sobre la comunidad de macroinvertebrados dulceacuícolas.

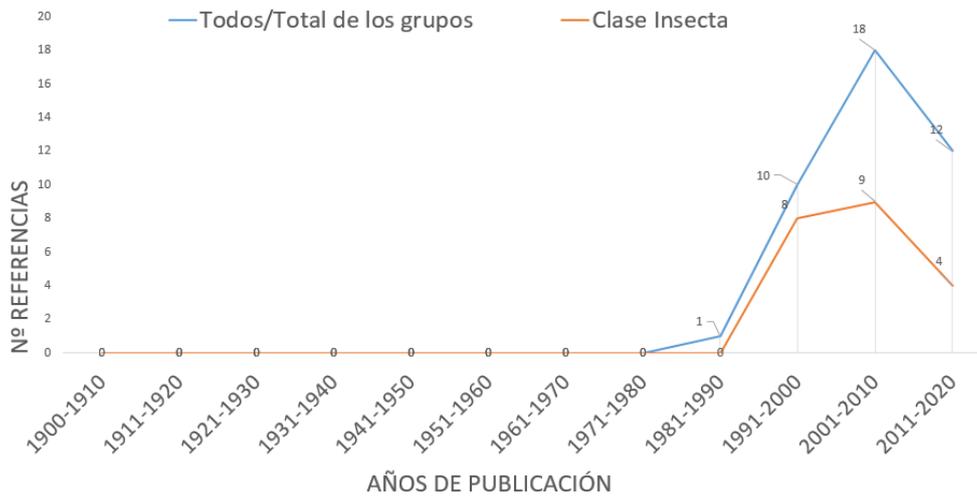


Figura 15: Evolución temporal de las 41 referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #5 así como del subconjunto relativo a la Clase Insecta.

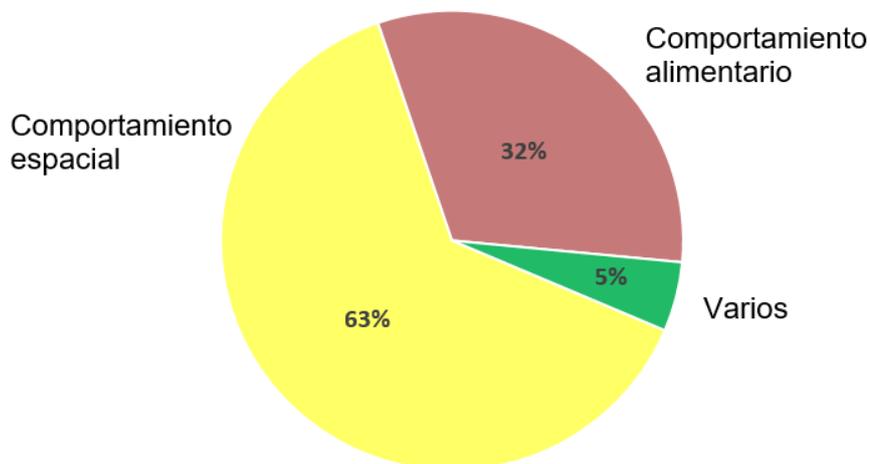


Figura 16: Aspecto comportamental contemplado en las 41 referencias sobre macroinvertebrados dulceacuícolas recuperadas a partir de la búsqueda #5.

Búsqueda #6

La revista *Environmental Toxicology and Chemistry* era una de las publicaciones que recogía artículos en los que se abordaba el comportamiento de macroinvertebrados según la búsqueda #2. Sin embargo, el uso de los mismos términos que en la búsqueda anterior *-behavior* AND macroinvertebrate** ofreció tan solo 12 referencias. Debido a este pobre resultado, decidimos emplear, como punto de partida para investigar la existencia de estudios sobre comportamiento de macroinvertebrados en ecotoxicología, una revisión sobre el tema (Gherard, 2007), así como algunos artículos que citan a éste.

Gherard (2007) sugiere el uso del término “Ecotoxicología del comportamiento” para el estudio de los cambios en éste debidos a la exposición a los contaminantes y destaca algunas ventajas del uso de parámetros de comportamiento en esta área, como el hecho de que los tiempos de respuesta sean más cortos o que sean métodos de estudios no invasivos.

Un meta-análisis reciente (Melvin & Wilson, 2013) corrobora esta idea, ya que los autores concluyen que los parámetros comportamentales son más sensibles y ofrecen resultados más rápidos que otros parámetros de uso tradicional (desarrollo y reproducción). Además, sugieren el desarrollo de trabajos que permitan establecer qué respuestas comportamentales son más sensibles a distintos contaminantes, así como investigar la relevancia de los cambios de comportamiento en la eficacia biológica o el estado de salud del individuo. Por otra parte, Bae & Park (2014) revisan el uso de parámetros comportamentales en la monitorización continua de la calidad del agua, aunque destacan la dificultad de procesar los enormes volúmenes de datos generados por estos sistemas.

Un ejemplo de un campo potencial de aplicación del estudio del comportamiento animal en Ecotoxicología es el que propone Klaschka (2009). Ella sugiere la realización de bioensayos con *infoquímicos*, sustancias químicas del entorno que informan a los receptores de los organismos acerca de su medio biótico y abiótico y que les permiten reaccionar adecuadamente a estas señales. Así, la autora denomina “*efecto infoquímico*” a aquellas alteraciones (incluidas las comportamentales) que pudiesen verse afectadas por la influencia de tóxicos en este complejo sistema de comunicación química.

Aunque no muy numerosos, algunos trabajos recientes parecen seguir esta línea de investigación (p. ej. Berghahn et al., 2012; Fink et al., 2017).

Comparación de búsquedas

El resultado de las búsquedas bibliográficas hechas en este trabajo deja patente la dificultad de realizar una recopilación exhaustiva de los estudios sobre comportamiento en macroinvertebrados de aguas dulces. De hecho, el análisis del número de coincidencias ofrecido por las búsquedas #2 a #4 revela una gran disparidad en los resultados obtenidos (Figura 17). Es posible que esto pueda deberse a la terminología usada en las búsquedas. Por ejemplo, muchas de las referencias encontradas en alguna de ellas no utilizan el término *macroinvertebrate*, refiriéndose únicamente al organismo de estudio (especie o género) en ese trabajo. Así mismo, la base de datos SCIE solo busca los términos

seleccionados, en títulos, palabras clave o resumen, por lo que aquellas publicaciones anteriores a 1990, de las que no está disponible el resumen, podrían estar infrarrepresentadas. . Así mismo, podría extenderse la búsqueda a revistas de evolución, área de gran importancia en el estudio del comportamiento. Sirva como ejemplo de esta importancia el reciente cambio de denominación de la Sociedad Española de Etología, que desde 2014 ha pasado a denominarse Sociedad Española de Etología y Ecología Evolutiva.

La disparidad de los resultados en cuanto a los temas tratados en los artículos confirma la dificultad de realizar un análisis bibliométrico completo sobre este campo, ya que un área de tanto interés como es el estudio del comportamiento reproductivo aparece ínfimamente representada en las búsquedas #2 y #5, mientras que en las búsquedas #3 y #4 supone una proporción importante dentro de los temas tratados.

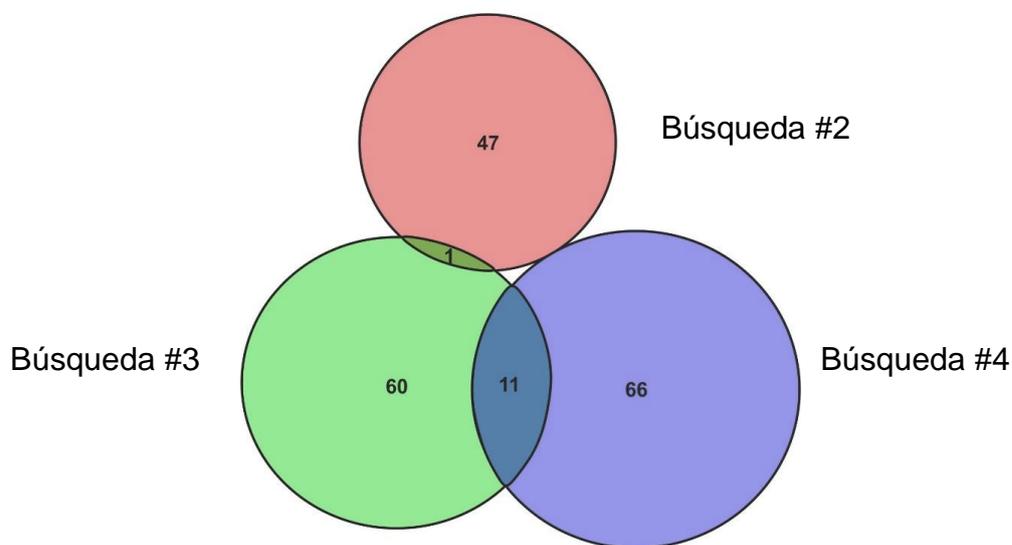


Figura 17: Diagrama de Venn mostrando el número de referencias únicas y comunes para las búsquedas #2, #3 y #4.

5.- CONCLUSIONES

1- Los resultados obtenidos confirman que las estrategias de búsqueda no han sido eficientes, ya que se han recuperado un número bajo de artículos y, dentro de los recuperados, una proporción importante no se ajustaba a la temática objeto de estudio.

2-Las estrategias de búsqueda utilizadas en este trabajo ofrecieron resultados muy dispares, obteniéndose los mismos artículos en muy pocos casos.

3- Globalmente parece que las Clases Malacostraca e Insecta son los grupos taxonómicos estudiados con mayor frecuencia, aunque la proporción que suponen en los resultados de cada búsqueda es variable.

4- La evolución temporal de los trabajos publicados sobre el área de estudio parece seguir un patrón similar, con un ascenso del número de publicaciones a partir de la década de los 70. No obstante, es a partir de los años 80 cuando ese ascenso se hace más notorio,

produciéndose una mayor diversificación de los grupos utilizados en estos trabajos a partir de los años 90.

5- Los principales aspectos sobre el comportamiento que se estudian en los macroinvertebrados de agua dulce difieren según la búsqueda.

6- Los estudios de Ecotoxicología que incluyen parámetros comportamentales han recibido una creciente atención en los últimos años, y revisiones recientes sobre este tema destacan su gran potencial de desarrollo.

7- El hecho de que la Etología sea un área de estudio compleja y muy relacionada con otras áreas, así como el hecho de que el grupo analizado (macroinvertebrados de agua dulce) no sea un grupo coherente desde el punto de vista taxonómico, dificulta la realización de un análisis bibliométrico profundo de este campo.

CONCLUSIONS

1- Results confirm that search strategies have not been efficient since a low number of articles have been obtained. Moreover, an important proportion of these did not fit into the the study area.

2- Search strategies used in this work offer very dissimilar results, obtaining the same articles in very few cases.

3- Globally, it seems that Malacostraca and Insecta Classes are the taxonomic groups studied most frequently, although their proportions different searches are variable.

4- The time patterns of the published works in the area of study seem to be similar, with an increase of the number publications since the 70's. However, it is about the 80's when this increase makes itself more evident. Taxonomic groups studied get more diverse since the 90's.

5- The main fields studied in freshwater macroinvertebrate behaviour differ depending on the search.

6- Ecotoxicology studies that include behavioural endpoints have received an increasing attention in the last years, and recent revisions about this topic emphasise its important development potential.

7- The fact that Ethology is a complex study area related to others, just like the fact that the group of interest (freshwater macroinvertebrates) is not a coherent taxonomic group, make it difficult to perform a deep bibliometric analysis in this field.

6.- BIBLIOGRAFÍA

Alonso, A. & Camargo, J.A. (2011) Toxic effects of fluoride ion on survival, reproduction and behaviour of the aquatic snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca). *Water Air & Soil Pollution* 219: 81-90.

- Bacela-Spychalska, K. & Van Der Velde, G. (2013) There is more than one 'killer shrimp': trophic positions and predatory abilities of invasive amphipods of Ponto-Caspian origin. *Freshwater Biology* 58: 730-741.
- Bae, M.J. & Park, Y.S. (2014) Biological early warning system based on the responses of aquatic organisms to disturbances: A review. *Science of the Total Environment* 466-467: 635-649.
- Berghahn, R., Mohr, S., Hubner, V., Schmiediche, R., Schmiedling, I., Svetich-Will, E. & Schmidt, R. (2012) Effects of repeated insecticide pulses on macroinvertebrate drift in indoor stream mesocosms. *Aquatic Toxicology* 122: 56-66
- Bloor, M. (2010) Animal standardisation for mixed species ecotoxicological studies: Establishing a laboratory breeding programme for *Gammarus pulex* and *Asellus aquaticus*. *Zoologica Baetica* 21: 179-190.
- Brown, C.R. & Hatch, M.H. (1929) Orientation and "fright" reactions of whirligig beetles (Gyrinidae). *Journal of Comparative Psychology* 9(2):159-189.
- Carranza, J. (1994) *Etología. Introducción a la Ciencia del Comportamiento*. España: Cáceres, Universidad de Extremadura.
- Carchini, G., Chiarotti, F., Di Domenico, M. & Paganotti G. (2000) Fluctuating asymmetry, size and mating success in males of *Ischnura elegans* (Vander Linden) (Odonata: Coenagrionidae). *Animal Behaviour* 59(1):177-182.
- Contreras-Garduño, J., Buzatto, B.A., Abundis, L., Nájera-Cordero, K. & Córdoba-Aguilar, A. (2007) Wing colour properties do not reflect male condition in the American rubyspot (*Hetaerina americana*) *Ethology* 113(10): 944-952.
- Córdoba-Aguilar, A. (2009) A female evolutionary response when survival is at risk: male harassment mediates early reallocation of resources to increase egg number and size. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 63(5): 751-763.
- Covich, A.P., Crowl, T.A., Hein, C.L., Townsend, M.J. & Mcdowell, W.H. (2009) Predator-prey interactions in river networks: comparing shrimp spatial refugia in two drainage basins. *Freshwater Biology* 54(3): 450-465.
- Cummins, K.W. (1992) Invertebrates. In: Calow P, Petts GE (eds) *The river handbook* (I). Blackwell Scientific, Oxford, 234-250.
- Curry, C.J. & Baird, D.J. (2015) Habitat type and dispersal ability influence spatial structuring of larval Odonata and Trichoptera assemblages. *Freshwater Biology* 60(10): 2142-2155.
- Döring, T.F. & Chittka, L. (2011) How Human Are Insects, and Does it Matter?. *Formosan Entomologist* 31: 85-99.
- Facon, B., Ravigne, V., Sauteur, L. & Goudet, J. (2007) Effect of mating history on gender preference in the hermaphroditic snail *Physa acuta*. *Animal Behaviour* 74: 1455-1461.

- Facon, B., Ravigné, V. & Goudet, J. (2008) Gender-role alternation in the simultaneously hermaphroditic freshwater snail *Physa acuta*: not with the same partner. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 62(5): 713-720.
- Figler, M.H., Blank, G.S. & Peeke, H.V.S. (2001) Maternal territoriality as an offspring defense strategy in red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard). *Aggressive Behavior* 27(5): 391-403.
- Fink, P., Moelzner, J., Berghahn, R. & von Elert, E. (2017) Do insect repellents induce drift behaviour in aquatic non-target organisms? *Water Research* 108: 32-38.
- Forsyth, A. & Montgomerie, R.D. (1987) Alternative reproductive tactics in the territorial damselfly *Calopteryx maculata*: Sneaking by older males. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 21(2): 73-81.
- Florencio, M., Gómez-Rodríguez, C., Serrano, L. & Díaz-Paniagua, C. (2013) Competitive exclusion and habitat segregation in seasonal macroinvertebrate assemblages in temporary ponds. *Freshwater Science* 32(2):650-662.
- Galipaud, M., Gauthey, Z., Turlin, J., Bollache, L. & Lagrue, C. (2015) Mate choice and male-male competition among morphologically cryptic but genetically divergent amphipod lineages. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 69(12): 1907-1916.
- Gabbanini, F., Gherardi, F. & Vannini, P.M. (1995) Force and dominance in the agonistic behavior of the freshwater crab *Potamon fluviatile*. *Aggressive Behavior* 21(6): 451-462.
- Graham, S., Chapuis, E., Meconcelli, S., Bonel, N., Sartori, K., Christophe, A., Alda, P., David, P. & Janicke, T. (2015) Size-assortative mating in simultaneous hermaphrodites: an experimental test and a meta-analysis. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 69(11): 1867-1878.
- Gerhardt, A. (2007) Aquatic behavioral ecotoxicology—Prospects and limitations. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 13(3): 481-491.
- Gherardi, F. & Cioni, A. (2004) Agonism and interference competition in freshwater decapods. *Behaviour* 141(10): 297-1324.
- Gillespie, B. R., Brown, L. E. & Kay, P (2015) Effects of impoundment on macroinvertebrate community assemblages in upland streams. *River Research and Applications* 31: 953-963.
- Guo, L., Xu, F., Feng, Z. & Zhang, G. (2016) A bibliometric analysis of oyster research from 1991 to 2014. *Aquaculture International* 24(1): 327-344.
- Hood, W.W. & Wilson, C.S. (2001) The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. *Scientometrics* 52(2): 291-314.
- Horváth, G., Móra, A., Bernáth, B. & Kriska G. (2011) Polarotaxis in non-biting midges: female chironomids are attracted to horizontally polarized light. *Physiology & Behavior* 104(5):1010-5.

- Huryn, A. D. & Denny, M. W. (1997) A biomechanical hypothesis explaining upstream movements by the freshwater snail *Elimia*. *Functional Ecology* 11(4): 472-483.
- Klaschka, U. (2009) A new challenge—development of test systems for the infochemical effect. *Environmental Science and Pollution Research* 16:370-388
- Kralj-Fiser, S. & Schuett, W. (2014) Studying personality variation in invertebrates: why bother? *Animal Behaviour* 91: 41-52.
- Ledger, M.E. & Hildrew, A.G. (2000) Herbivory in an acid stream. *Freshwater Biology* 43(4): 545-556.
- Lodge, D.M., Taylor, C.A., Holdich, D.M. & Skurdal, J. (2000) Nonindigenous crayfishes threaten north american freshwater biodiversity: Lessons from Europe. *Nonindigenous Species* 25(8): 7-20.
- Ma, R. & Ho, Y. (2016) Comparison of environmental laws publications in Science Citation Index Expanded and Social Science Index: a bibliometric analysis". *Scientometrics* 109 (1): 227-239.
- Marques, M., Banha, F., Águas, M. & Anastácio, P. (2015) Environmental cues during overland dispersal by three freshwater invaders: *Eriocheir sinensis*, *Pacifastacus leniusculus*, and *Procambarus clarkii* (Crustacea, Decapoda). *Hydrobiologia* 742:81-93.
- Melvin, S.D. & Wilson, S. P. (2013) The utility of behavioral studies for aquatic toxicology testing: A meta-analysis. *Chemosphere* 93(10): 2217-2223.
- Negovetic, S. & Jokela, J. (2000) Food choice behaviour may promote habitat specificity in mixed populations of clonal and sexual *Potamopyrgus antipodarum*. *Animal Behaviour* 60(4): 435-441.
- Ocasio-Torres, M.E., Giray, T., Crowl, T.A. & Sabat, A.M. (2015) Antipredator defence mechanism in the amphidromous shrimp *Xiphocaris elongata* (Decapoda: Xiphocarididae): rostrum length. *Journal of Natural History* 49(25-26): 1493-1506.
- Oldmeadow, D.F., Lancaster, J. & Rice, S.P. (2010) Drift and settlement of stream insects in a complex hydraulic environment. *Freshwater Biology* 55(5): 1020-1035.
- Oscóz, J. Galicia, D. & Miranda, R (2011) *Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain*. Springer, Dordrecht.
- Owens, I.P.F. (2006) Where is behavioural ecology going? *Trends in Ecology & Evolution* 21(7): 356-361.
- Pintor, L.M. & Byers, J.E. (2015) Individual variation in predator behavior and demographics affects consumption of non-native prey. *Behavioral Ecology* 26 (3): 797-804.
- Pritchard, A. (1969) Statistical bibliography or bibliometrics? *Journal of Documentation* 25(4): 348-349.

- Raihani, G., Serrano-Meneses, M.A. & Córdoba-Aguilar, A. (2008) Male mating tactics in the American rubyspot damselfly: territoriality, nonterritoriality and switching behaviour. *Animal Behaviour* 75: 1851-1860.
- Reisinger, L.S., Petersen, I., Hing, J. S., Davila, R.L. & Lodge, D.M. (2015) Infection with a trematode parasite differentially alters competitive interactions and antipredator behaviour in native and invasive crayfish. *Freshwater Biology* 60(8): 1581-1595.
- Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (1993) Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg DM, Resh VH (eds) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, 1–9.
- Schmera, D., Heino, J., Podani, J., Erös, T. & Dolèdec, S. (2017) Functional diversity: a review of methodology and current knowledge in freshwater macroinvertebrate research. *Hydrobiologia* 787:27–44.
- Staadén, M.J. (1998) Ethology: at 50 and beyond. *Trends in Ecology and Evolution* 13(1): 7-8.
- Sampson, M. & McGowan, J. (2006) Errors in search strategies were identified by type and frequency. *Journal of Clinical Epidemiology* 59(10): 1057-1063.
- Takamura, K. (1999) Wing length and asymmetry of male *Tokunagayusurika akamusi* chironomid midges using alternative mating tactics. *Behavioral Ecology* 10(5): 498-503.
- Turner, A.M. & Chislock, M.F. (2010) Blinded by the stink: Nutrient enrichment impairs the perception of predation risk by freshwater snails. *Ecological applications* 20(8): 2089-2095.
- Turner, A.M. (1996) Freshwater snails alter habitat use in response to predation. *Animal Behaviour* 51(4): 747-756.
- Van Overdijk, C.D.A., Grigorovich, I.A., Mabee, T., Ray, W.J., Ciborowsky, J.J.H. & Macisaac, H.J. (2003) Microhabitat selection by the invasive amphipod *Echinogammarus ischnus* and native *Gammarus fasciatus* in laboratory experiments and in Lake Erie. *Freshwater Biology* 48, 567–578.
- Wellborn, G.A. (1995) Determinants of reproductive success in freshwater amphipod species that experience different mortality regimes. *Animal Behaviour* 50(2): 353-363
- Wilson, C.D., Arnott, G. & Elwood, R.W. (2012) Freshwater pearl mussels show plasticity of responses to different predation risks but also show consistent individual differences in responsiveness. *Behavioral Processes* 89(3):299-303.
- Wissinger, S. & McGrady, J. (1993) Intraguild Predation and competition between larval dragonflies: Direct and indirect effects on shared prey. *Ecology* 74(1): 207-218.
- Wolf, B., Zwick, P. & Marxsen, J. (1997) Feeding ecology of the freshwater detritivore *Ptychoptera paludosa* (Diptera, Nematocera). *Freshwater Biology* 38(2): 375-386.

Anexo I: Revistas con referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas en la búsqueda #2; los números entre paréntesis indican el número de referencias en cada uno de los títulos.

1 REFERENCIA	2 REFERENCIAS	3-7 REFERENCIAS	> 8 REFERENCIAS
Arch Hydrobiol , Aust J Zool, Chem Ecol, Ecol Appl, Ecology, Environ Health Persp, Environ Sci Technol, Environ Sci Pollut R, Fresen Environ Bull, Freshwater Sci, Hum Ecol Risk Assess, Iny J Parasitol, J Ethol, J Evolution Biol, J Exp Biol, J Nat Hist, Limnol Oceanogr, Malacologia, Mar Freshwater Res, Sci Total Environ, Southwest Nat, Water Air Soil Poll.	Aquat Toxicol, Arch Environ Con Tox, Ecotoxicology, Funct Ecol, Hydrobiologia, J Anim Ecol , J Great Lakes Res	Environ Toxicol Chem (3)	Freshwater Biol (9)

Anexo II: Revistas con referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas en la búsqueda #3; los números entre paréntesis indican el número de referencias en cada uno de los títulos.

1 REFERENCIA	2-5 REFERENCIAS	6-10 REFERENCIAS	> 10 REFERENCIAS
Anim Cogn, Behavior Genetics, Chemical Senses, Front Behav Neurosci, Physiol Behav	Aggressive Behav (2), Appl Anim Behav Sci (2), Ethol, Ecol Evol (2), J Ethol (2)	Behav Process (6), Ethology (6), Behav Ecol (8), Behav Ecol Sociobiol (9), Behaviour (7)	Anim Behav (23)

Anexo III: Revistas con referencias sobre comportamiento de macroinvertebrados dulceacuícolas en la búsqueda #4; los números entre paréntesis indican el número de referencias en cada uno de los títulos.

1 REFERENCIA	2-5 REFERENCIAS	6-10 REFERENCIAS	>10 REFERENCIAS
Ethol Ecol Evol, J Comp Physiol, Learn Behav, Physiol Behav	J Ethol (2); Behav Process (2)	Ethology (7), Behav Ecol (10), Behaviour (10)	Anim Behav (28), Behav Ecol Sociobiol (15)