



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Grado en Biología

Memoria del Trabajo de Fin de Grado

Incorporación de plásticos en estuches de tricópteros: ¿una trampa evolutiva?

Incorporación de plásticos en estuches de tricópteros: unha trampa evolutiva?

Incorporation of plastics in trichoptera cases: an evolutionary trap?



Iria Seijas Díaz

Diciembre, 2018

Director Académico: Lucía Couceiro López

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS	10
3. MATERIAL Y MÉTODOS	11
3.1. Zona geográfica del estudio	11
3.2. Recogida de las muestras de macroinvertebrados bentónicos	14
3.3. Procesado de las muestras	14
4. RESULTADOS	15
4.1. Número de individuos capturados en cada fecha	15
4.2. Familias de los individuos capturados.....	16
4.3. Composición y forma del estuche	16
4.4. Presencia de plásticos en los estuches.....	17
5. DISCUSIÓN	20
6. CONCLUSIONES	23
7. AGRADECIMIENTOS	23
8. BIBLIOGRAFÍA	23

RESUMEN

El medio ambiente está cambiando de manera drástica y brusca a causa del ser humano. Una consecuencia importante de dichos cambios son las denominadas trampas evolutivas, un término que hace referencia al fenómeno de desacoplamiento entre la señal que indica la calidad de un recurso y su verdadera calidad como consecuencia de los cambios ambientales ocasionados por el ser humano. De hecho, las trampas evolutivas provocan que los organismos exploten recursos de peor calidad y disminuyen en definitiva su eficacia biológica. Los tricópteros son insectos holometábolos voladores cuyas larvas, que viven en ambientes acuáticos, muestran un llamativo comportamiento constructor. Entre las construcciones más características del grupo se encuentran los estuches portátiles que proporcionan a las larvas camuflaje y protección frente a sus potenciales predadores. Ante el hallazgo inesperado de un estuche de tricóptero que exhibía dos fragmentos de plástico de vistosos colores en un tramo profundamente perturbado del Rego de Trabe (Culleredo, A Coruña), en el presente estudio se investigó la frecuencia de dicho comportamiento con el objetivo de determinar si la mencionada observación –que podría constituir un nuevo ejemplo de trampa evolutiva– se trataba de un fenómeno puntual o extendido. Aunque la utilización de plásticos para la construcción de estuches portátiles fue nuevamente constatada (2 individuos), la mayoría de los tricópteros estudiados no mostró signo alguno de este tipo de comportamiento. Consecuentemente, el presente estudio no nos permite afirmar que la incorporación de plásticos en estuches de tricópteros sea un hecho generalizado y, por consiguiente, pueda tratarse de una trampa evolutiva.

PALABRAS CLAVE

Comportamiento constructor, contaminación, estuche, frigáneas, HIREC, plásticos, trampa ecológica, trampa evolutiva, Trichoptera, tricóptero

ABSTRACT

The environment is changing drastically and rapidly because of the human being. An important consequence of these changes are the so-called evolutionary traps, a term that refers to the phenomenon of decoupling between the signal that indicates the quality of a resource and its actual quality as a result of human environmental changes. Indeed, evolutionary traps cause organisms to exploit resources of poorer quality and ultimately reduce their biological fitness. Caddisflies are flying, holometabolous insects whose larvae, which live in freshwater habitats, show a striking building behaviour. Among the most characteristic constructions of this group are the portable cases that provide the larvae camouflage and protection against their potential predators. Faced with the unexpected finding of a caddisfly case showing two brightly coloured plastic fragments in a deeply disturbed section of the Rego de Trabe (Culleredo, A Coruña), in the present study the frequency of such a behaviour was investigated in order to determine whether the aforementioned observation –which could represent a new example of evolutionary trap– was an exceptional or an extended phenomenon. Although the use of plastics for constructing portable cases was again verified (2 individuals), most of the studied caddisflies showed no signs of this type of behaviour. Consequently, the present study does not allow us to affirm that the incorporation of plastics in caddisflies cases is a generalized fact and, therefore, it could represent an evolutionary trap.

KEY WORDS

Building behaviour, caddisflies, case, contamination, ecological trap, evolutionary trap, HIREC, plastics, Trichoptera

1. INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas están modificando el medio ambiente a pasos agigantados (Sih et al., 2011; Sih, 2013). Estos cambios drásticos ocasionados por el ser humano reciben de manera genérica el nombre de HIREC, del inglés *human-induced rapid environmental change*. Los cambios ambientales producidos por el hombre pueden clasificarse en cinco grandes grupos: (i) pérdida y/o fragmentación del hábitat (Haddad et al., 2015), (ii) explotación de recursos (Darimont et al., 2015), (iii) introducción de especies exóticas (Early et al., 2016), (iv) contaminación (Pal et al., 2010) y, finalmente, (v) cambio climático (Bellard et al., 2012). Mientras que caracterizar estos cambios ambientales de un modo preciso resulta extremadamente difícil dada su enorme complejidad y naturaleza mixta, todos ellos tienen en común que frecuentemente colocan a las especies bajo condiciones que estas jamás habían experimentado a lo largo de su historia evolutiva (Hale & Swearer, 2016).

Una consecuencia importante de los cambios ambientales rápidos ocasionados por el ser humano son las denominadas trampas evolutivas. Los organismos emplean a menudo señales ambientales con el objetivo de tomar decisiones comportamentales o relacionadas con su ciclo de vida (por ejemplo, búsqueda y/o elección de hábitat, alimento, pareja, etc.). Sin embargo, en ambientes que han sido alterados de manera relativamente rápida por el hombre, señales ambientales originariamente fiables pueden dejar de serlo. En consecuencia, los organismos son “atrapados” por sus respuestas evolutivas a dichas señales y explotarán de manera preferencial recursos de peor calidad disminuyendo su eficacia biológica y por ende su éxito reproductivo y supervivencia (Robertson et al., 2013; Schlaepfer et al., 2002). Este fenómeno fue registrado por primera vez en Michigan, EE.UU, a mediados de la década de 1970 (Gates & Gysel, 1978). Brevemente, en dicho estudio se observó que numerosas especies de aves forestales preferían anidar en los bordes de los bosques a pesar de la mayor mortalidad de huevos y pichones en estas zonas de transición. Aparentemente, este comportamiento contradictorio se produce porque, aunque los límites forestales creados artificialmente por el hombre atraen un mayor número de depredadores y aves parásitas, también contienen muchos

de los elementos estructurales que estas especies utilizan para identificar lugares de cría seguros (por ejemplo, posaderos o perchas, lugares de abrigo, abundante alimento, etc.). Otro claro ejemplo de trampa evolutiva es el registrado por Both & Visser (2001) en el papamoscas cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*), un ave paseriforme migratoria. Cada primavera, *F. hypoleuca* utiliza la duración relativa del día y la noche (fotoperiodo) para decidir en qué momento abandonar las zonas de hibernación en África y emprender el viaje hacia Europa. El aumento de la temperatura durante las últimas décadas a causa del cambio climático ha provocado sin embargo que el pico máximo de alimento en las áreas de reproducción de *F. hypoleuca* se produzca antes de su llegada. De este modo, nuevamente un comportamiento originariamente adaptativo como es la migración primaveral de *F. hypoleuca* ha dejado de serlo a causa de la actividad humana y las consecuencias de la misma en el medio ambiente.

Un caso particular y ampliamente estudiado de trampas evolutivas son las trampas ecológicas. De hecho, tal y como se explica a continuación, los dos ejemplos anteriormente mencionados de trampas evolutivas son también trampas ecológicas. Las trampas ecológicas tienen lugar cuando un animal muestra preferencia por un hábitat de peor calidad como consecuencia de una perturbación antropogénica súbita (Gilroy & Sutherland, 2007). Las trampas ecológicas se originan por mecanismos semejantes a los que dan lugar a las trampas evolutivas (Figura 1). Por ejemplo, las trampas ecológicas pueden surgir si la señal ambiental utilizada por el individuo cambia en tipo, número, o intensidad por lo que un determinado hábitat se vuelve más/menos atractivo. Uno de los ejemplos mejor documentados de este tipo de trampas ecológicas es el que ocurre en distintos órdenes de insectos voladores con larvas acuáticas como el orden Odonata o el orden Ephemeroptera. Durante los últimos años, se han registrado en repetidas ocasiones comportamientos anómalos en distintos miembros de estos grupos por los cuales los individuos adultos efectúan sus puestas en un amplio abanico de superficies artificiales como vías asfaltadas, carrocerías de coches, lápidas de cementerios, o plásticos agrícolas, en lugar de arroyos y estanques (Figura 2). Esto ocurre porque estas superficies artificiales, al igual que la superficie del agua,

polarizan la luz horizontalmente. Desgraciadamente, estos nuevos hábitats confunden a muchos de estos organismos hasta el punto de interferir dramáticamente en sus tasas de supervivencia y reproducción (Kriska et al., 1998; Horváth et al., 2009). Un segundo mecanismo tiene lugar cuando disminuye la calidad del hábitat por el que tiene preferencia el organismo sin modificarse las señales que éste recibe. Un ejemplo de este tipo de trampas ecológicas se produce en plantaciones forestales donde los árboles muertos caídos son poco frecuentes. Bajo estas circunstancias, los escarabajos saproxílicos son atraídos por los montones de troncos de las industrias madereras y son en última instancia triturados y/o quemados (Hedin et al., 2008). Finalmente, las trampas ecológicas también se pueden originar por la alteración simultánea del hábitat y las señales que incrementan el atractivo del hábitat a pesar de su menor idoneidad. Como se ha explicado anteriormente, un ejemplo de este tipo de trampa ecológica es la preferencia que exhiben muchas aves por los límites forestales creados artificialmente por el ser humano como áreas de reproducción (Gates & Gysel, 1978). En definitiva, las trampas ecológicas se pueden originar por cambios en la señal, cambios en el hábitat y/o cambios en ambos factores (Robertson & Hutto, 2006; Robertson et al., 2013).

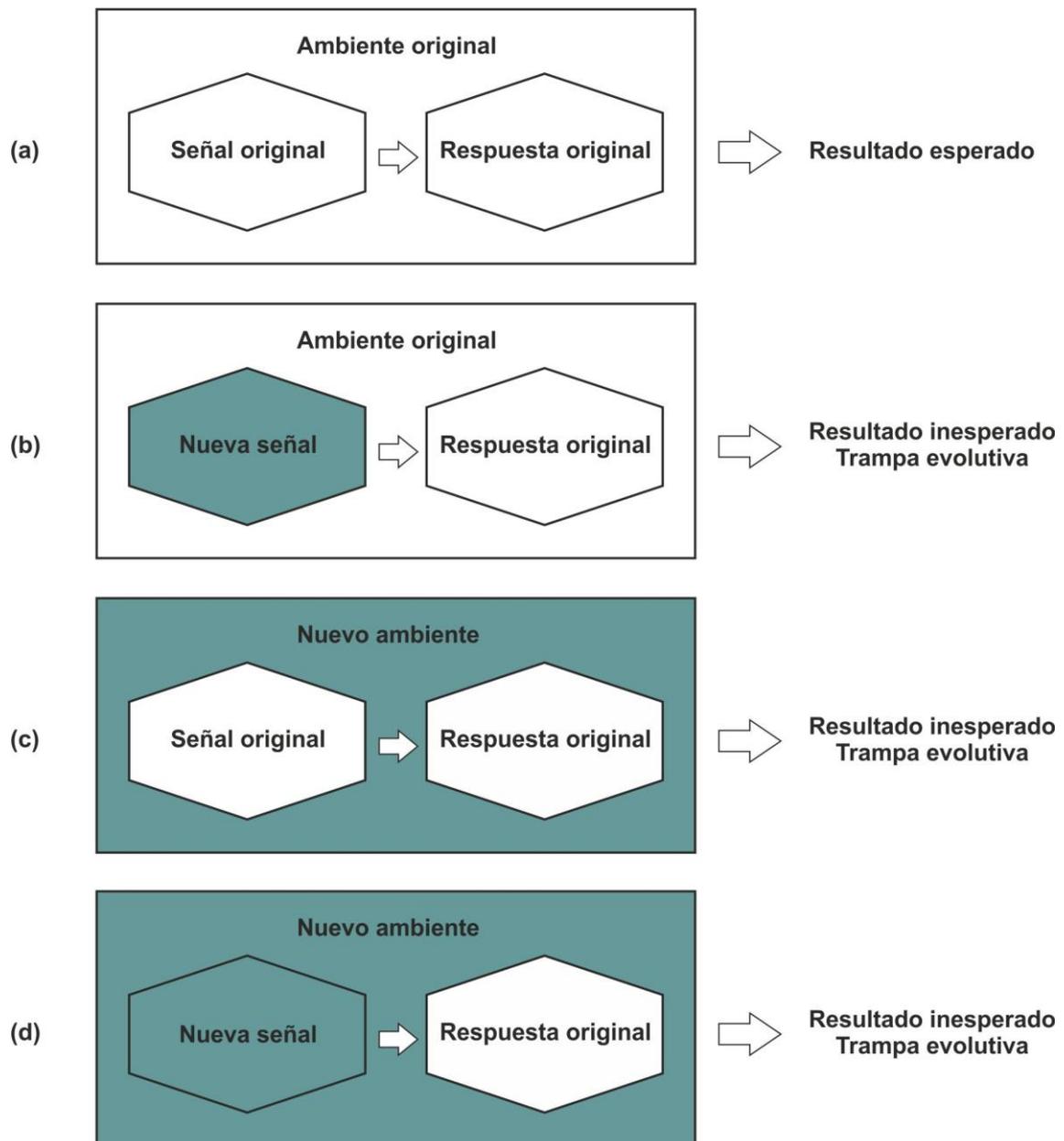


Figura 1. Tipos de cambios ambientales que pueden originar trampas evolutivas: (a) situación natural (ausencia de trampa evolutiva); (b) trampa evolutiva ocasionada por una modificación de la señal original; (c) trampa evolutiva ocasionada por una modificación del ambiente original; (d) trampa evolutiva ocasionada por una modificación tanto en la señal como en el ambiente originales. Adaptado de Schlaepfer et al. (2002).



Figura 2. Efemerópteros apareándose y efectuando su puesta en la ventana de un escaparate que refleja luz polarizada horizontalmente. Foto tomada de Robertson et al. (2013).

Los tricópteros o frigáneas (Orden Trichoptera, del griego *trichos*, “pelo” y *pteron*, “ala”) son insectos holometábolos cuyos huevos y estadios juveniles (larva y pupa) son acuáticos, mientras que los adultos son terrestres y voladores, generalmente de actividad nocturna. Los tricópteros están emparentados con los lepidópteros (mariposas y polillas), y ambos forman el denominado superorden Amphiesmenoptera (Tachet et al., 2003).

La inmensa mayoría de las larvas de tricópteros vive en ambientes dulceacuícolas y, aunque pueden encontrarse tanto en medios lénticos como en medios lóticos, muestran preferencia por aguas frías y bien oxigenadas (González & Cobo, 2006). Las larvas de tricópteros también abarcan un amplio espectro de grupos funcionales alimentarios (Wiggins, 2007): algunas especies se alimentan de la recolección de partículas en suspensión (especies filtradoras), otras fragmentan e ingieren hojas, madera y otros detritos vegetales (especies desmenuzadoras), un tercer tipo tiene como fuente principal de alimento las algas y otros organismos que conforman el perifiton (especies ramoneadoras), e incluso existen especies depredadoras. Dentro de las diferentes familias, la mayoría de las especies son univoltinas, es decir, completan su ciclo vital a lo largo de un año, pero también hay especies multivoltinas y, más excepcionalmente, semivoltinas. Por otra parte, aunque algunas larvas de tricópteros son de vida libre y no construyen refugios hasta el

momento de la pupación, muchas otras inician la fabricación de una amplia variedad de construcciones larvianas al comenzar el segundo estadio (González & Cobo, 2006; Tachet et al., 2003).

Como se ha mencionado anteriormente, una de las características más remarcables de este grupo de insectos es el comportamiento constructor de sus larvas. Las larvas de tricópteros poseen unas glándulas sericígenas localizadas en el labio, con las cuales fabrican seda. Mediante esta seda y otros materiales que encuentran en su medio, las larvas de tricópteros crean distintos tipos de construcciones, como pueden ser estuches, redes, galerías, etc. (González & Cobo, 2006). Los estuches difieren considerablemente en lo relativo a su diseño, materiales y función. Por ejemplo, mientras que estas construcciones sirven principalmente para protegerse frente a los depredadores, en algunas especies también juegan un papel importante en la respiración, en la protección frente a la desecación, como lastre, etc. (Wiggins, 2007). Por otra parte, los materiales empleados para la formación de estos estuches pueden ser partículas orgánicas como hojas, tallos o pequeñas ramas, o partículas inorgánicas como granos de arena o pequeñas piedras (Ferry et al., 2013). A pesar de lo expuesto más arriba, a nivel familiar o genérico es posible observar cierta consistencia en los principales aspectos de estas construcciones.

2. OBJETIVOS

En una muestra de macroinvertebrados bentónicos recogida en el Rego de Trabe (Culleredo, A Coruña) el 2 de septiembre de 2017, se registró la presencia de un ejemplar de larva de tricóptero (Familia Limnephilidae) que presentaba dos piezas de plástico de distinto tamaño y color incorporadas en su estuche (Figura 3). De acuerdo con este hallazgo, el tramo fluvial donde fue recogida esta muestra se localizaba en una zona urbanizada y seriamente perturbada, en la que se podían observar grandes cantidades de plásticos y otros residuos. Puesto que una de las funciones más ampliamente reconocida de estos estuches es la aportación de camuflaje y protección frente a los depredadores (Ferry et al., 2013; Wiggins, 2007), la incorporación de plásticos

en los mismos podría constituir un nuevo ejemplo de trampa evolutiva pues es posible que su presencia haga las larvas de tricópteros más visibles.



Figura 3. Larva de limnéfilo (Orden Trichoptera) recogida en el Rego de Trabe el 2 de septiembre de 2017; las dos piezas de plástico incorporadas al estuche son destacadas en rojo.

El objetivo del presente estudio es determinar si la presencia de plásticos en estuches de tricópteros es un hecho puntual o, por el contrario, se trata de un fenómeno relativamente extendido. Con tal fin, el mismo tramo de río visitado en septiembre de 2017 fue muestreado en diversas ocasiones; las muestras de bentos se inspeccionaron cuidadosamente para separar todos los estuches de tricópteros presentes y estos se examinaron minuciosamente con el fin de determinar la presencia de plásticos en los mismos.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Zona geográfica del estudio

Este estudio se llevó a cabo en la provincia de A Coruña, concretamente en el tramo final del Rego de Trabe, en el término municipal de Culleredo (43°19'00.1"N / 8°22'18.6"W; Figura 4). El Rego de Trabe es un pequeño río que nace en la localidad de A Zapateira y desemboca en la Ría do Burgo; tiene una longitud total de 7 kilómetros y, pese a atravesar un buen número de áreas

urbanas y semiurbanas, es un pasaje natural (esto es, su cauce no se encuentra canalizado) en la práctica totalidad de su recorrido.



Figura 4. Situación geográfica y vista aérea del tramo estudiado del Rego de Trabe en el término municipal de Culleredo (A Coruña).

Como se explicó anteriormente, este tramo fluvial fue elegido por tratarse del mismo tramo donde el 2 de septiembre de 2017 se encontró una larva de tricóptero de la familia Limnephilidae con dos piezas de plástico de color amarillo y azul incorporadas en su estuche (Figura 3).

El tramo estudiado se encuentra en una zona urbana de manera que el cauce discurre entre viviendas, paseos y parques; en algunas zonas también se pueden observar pequeños huertos (Figura 5). Como consecuencia de esta urbanización, el tramo no sólo está considerablemente modificado (e.g. ausencia de vegetación de ribera), sino que también se observa un nivel elevado de contaminación. Concretamente, en este tramo se pueden observar fácilmente restos de plásticos, neumáticos, latas, botellas, etc. (Figura 6).



Figura 5. Pequeños huertos en la orilla del Rego de Trabe en la zona estudiada (Culleredo, A Coruña).



Figura 6. Restos de plásticos, latas y diversos materiales en el lecho del tramo estudiado del Rego de Trabe (Culleredo, A Coruña).

3.2. Recogida de las muestras de macroinvertebrados bentónicos

Se recogieron un total de 36 muestras de macroinvertebrados bentónicos entre los meses de febrero y junio de 2018. En concreto, el tramo fue visitado en tres ocasiones los días 26 de febrero, 17 de abril y 21 de junio y en cada una de dichas visitas se tomaron 12 muestras con una red Surber 20 x 20 cm tal y como se describe a continuación. En cada uno de los 12 puntos de muestreo, la red se colocó a contracorriente y se removió el sustrato aguas arriba con la mano realizando un movimiento zigzagueante de modo que todo el material puesto en suspensión fue arrastrado al interior de la red (Figura 7). A continuación, el material recogido fue lavado repetidas veces con el objetivo de eliminar el exceso de sedimento. Por último, el material fue filtrado a través de un copo con una luz de malla de 500 μm y vertido en un recipiente hermético para su posterior transporte al laboratorio.



Figura 7. Recogida de muestras de macroinvertebrados bentónicos utilizando una red Surber en el Rego de Trabe (Culleredo, A Coruña).

3.3. Procesado de las muestras

El mismo día en que las muestras fueron recogidas, se procedió a conservar las mismas en etanol 70% v/v. Las muestras se procesaron durante los días inmediatamente posteriores siguiendo el procedimiento descrito a continuación. En primer lugar, la muestra fue extendida en bandejas de plástico y se

inspeccionó cuidadosamente con el objetivo de separar todos los estuches de tricópteros presentes en la misma (Figura 8). A continuación, todos los estuches encontrados fueron observados con detenimiento a la lupa. Siempre que fue posible, las muestras se identificaron a nivel de familia utilizando las claves taxonómicas recogidas en Tachet et al. (2003) y se anotaron los principales rasgos morfológicos de su estuche (materiales, forma, estado de conservación, etc.), incluyendo la presencia de plásticos y las características de los mismos (dimensiones, color, etc.). Finalmente, las muestras se etiquetaron y almacenaron individualmente.



Figura 8. Tricópteros aislados a partir de las muestras recogidas el día 26 de febrero.

4. RESULTADOS

4.1. Número de individuos capturados en cada fecha

Se obtuvieron un total de 74 ejemplares. La mayoría de los estuches (72; 97%) no presentaban sin embargo larva alguna en su interior. Como se puede observar en la Figura 9, el mayor número de ejemplares fue recogido en el mes de junio (40 individuos; 54%). A continuación se encuentra el mes de febrero, en el que se capturaron 21 individuos (28%) y, por último, el mes de abril con tan sólo 13 ejemplares (18%).

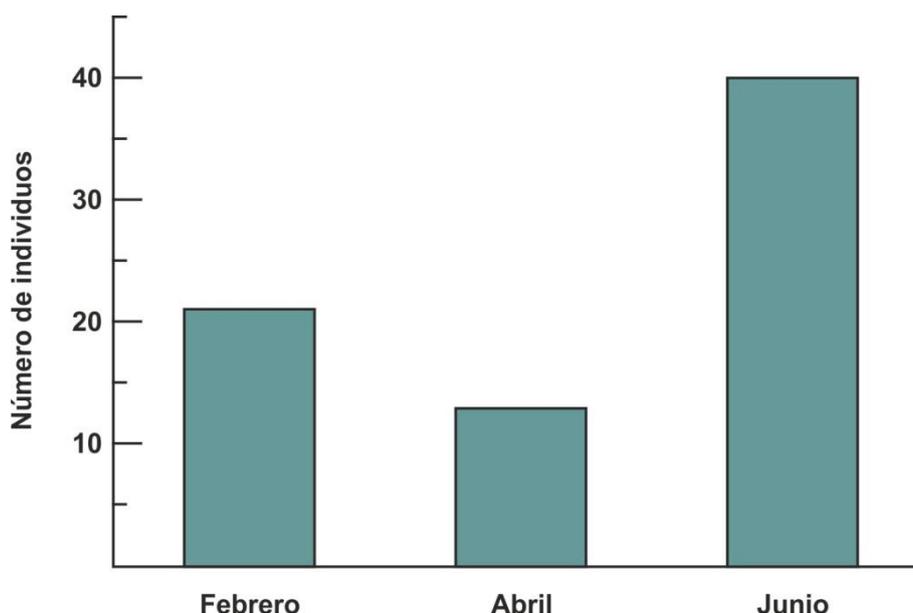


Figura 9. Número de ejemplares de tricópteros observados según el mes de captura.

4.2. Familias de los individuos capturados

Puesto que la determinación taxonómica de la mayoría de las larvas del orden Trichoptera requiere el examen de los caracteres morfológicos de las mismas, no fue posible identificar la mayor parte de las muestras al contar únicamente con su estuche. Tan sólo dos larvas pudieron ser observadas e identificadas anatómicamente. La primera de ellas pertenecía a la familia Lepidostomatidae mientras que la segunda fue identificada como miembro de la familia Brachycentridae. Además, un grupo minoritario de muestras pudo ser identificado atendiendo al diseño de su estuche. La familia Helicopsychidae (que exhibe de manera característica estuches minerales en espiral) representó el 7% de los individuos capturados mientras que un 4% pertenecieron a la familia Hydroptilidae, también conocidos como microtricópteros.

4.3. Composición y forma del estuche

Atendiendo a la naturaleza de los materiales que formaban los estuches, las 74 muestras pudieron clasificarse en dos grandes grupos: estuches orgánicos y estuches inorgánicos (Figura 10). La mayoría de los tricópteros capturados (55 individuos; 74%) presentó estuches de naturaleza inorgánica, formados en su mayoría por pequeños granos de arena. Únicamente 19 individuos (26%)

exhibieron estuches compuestos por restos de hojas, tallos, cortezas de árboles u otros materiales vegetales.

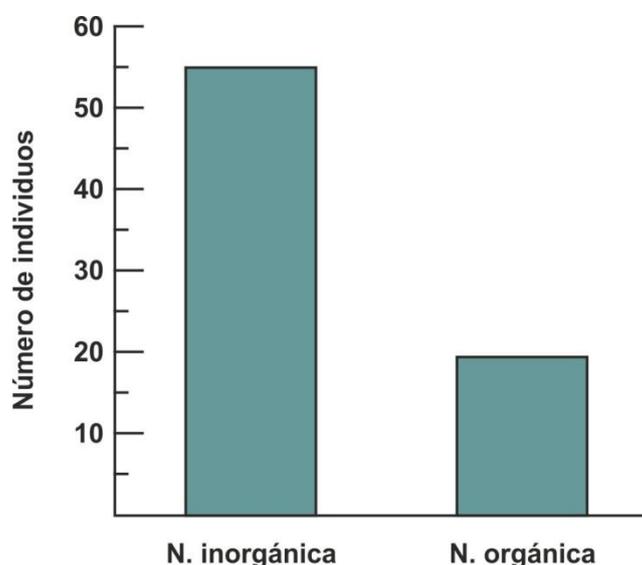


Figura 10. Clasificación de los estuches de tricópteros obtenidos atendiendo a la naturaleza orgánica o inorgánica de los materiales empleados para la construcción de los mismos.

Por otro lado, el diseño general de los estuches permitió clasificar estas 74 muestras en cinco grupos distintos. Más de la mitad de los estuches (47 estuches, 63%) presentaban forma tubular y estaban formados por pequeños granos de arena. El segundo grupo más frecuente estaba conformado por estuches con formas cuadrangulares y construidos a partir de restos de hojas (17 estuches, 23%). En tercer lugar se encontraban los estuches con forma helicoidal, también compuestos por granos de arena (5 estuches, 7%). Por último, y en similar número, estaban los estuches que tenían forma plana (3 estuches, 4%) y los que tenían forma tubular mas estaban compuestos por materiales vegetales (2 estuches, 3%).

4.4. Presencia de plásticos en los estuches

Como se puede observar en la Figura 11, la presencia de plásticos no pudo ser detectada en la práctica totalidad de los estuches de tricópteros estudiados. Únicamente 2 estuches (3% del total de muestras) mostraron trozos de plástico entre los materiales que los conformaban.

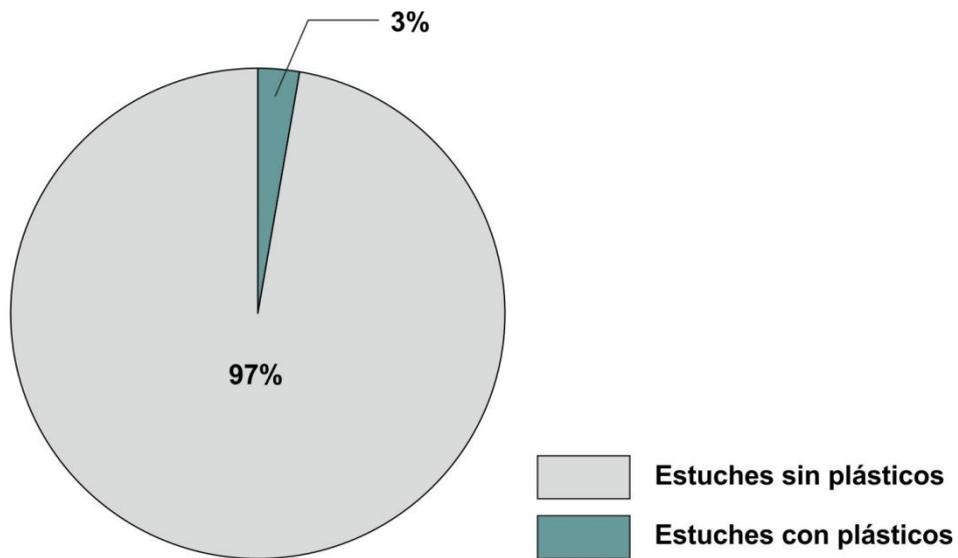


Figura 11. Porcentaje de estuches de tricópteros en los cuales se detectó la incorporación de plásticos.

Las dos muestras presentaban una única pieza y, en ambos casos, ésta era de color amarillo; además, ninguno de los dos estuches conservaba la larva en su interior. El primer estuche (código de la muestra: IND 1) era de forma tubular, ligeramente curvado y con el extremo anterior más ancho que el posterior. Este estuche (1.5 cm) estaba formado por granos de arena de un tamaño medio (~0.5 mm de diámetro) pudiendo observarse estos a simple vista; no obstante, la pieza de plástico incorporada era de un tamaño ligeramente menor (~0.2 mm de diámetro). Esta pieza se localizaba en la parte superior del estuche (Figura 12).



Figura 12. Detalle del estuche correspondiente a la muestra IND 1 mostrando la pieza de plástico de color amarillo incorporada en su parte superior (destacada en rojo).

El segundo individuo (IND 2) presentaba un estuche tubular de 1.6 cm, de forma cónica (más estrecho en el extremo posterior) y compuesto por pequeños granos de arena de tamaño similar (aproximadamente 0.6 mm de diámetro). Sin embargo, como se puede observar en la Figura 13, la pieza de plástico amarillo de ~ 0.1 mm de diámetro localizada en la zona inferior del estuche era de nuevo más pequeña.



Figura 13. Detalle del estuche correspondiente a la muestra IND 2 mostrando la pieza de plástico de color amarillo incorporada en su parte inferior (destacada en rojo).

5. DISCUSIÓN

Los plásticos son cada vez más comunes en los medios acuáticos de agua dulce. Sin embargo, la contaminación generada por plásticos en ecosistemas dulceacuícolas está muy poco documentada si la comparamos con la gran cantidad de investigaciones centradas en ecosistemas marinos (Blettler et al., 2018). Además, la mayoría de los estudios que evalúan la contaminación por plásticos en las aguas epicontinentales se centra en las consecuencias de la misma sobre los organismos que ocupan los niveles más altos de la cadena trófica. No obstante, Windsor et al. (2018) demostraron recientemente que la ingesta de microplásticos también ocurre en diversas especies de macroinvertebrados, evidenciando así que este tipo de contaminación también puede afectar a especies de menor tamaño y nivel trófico en las aguas dulces.

En el presente estudio se investigó la incidencia que la contaminación por plásticos podría tener en las larvas de diversas familias de tricópteros que muestran comportamiento constructor y, en concreto, fabrican estuches portátiles con el fin de protegerse de sus potenciales depredadores (Ferry et al., 2013; Wiggins, 2007). Pese a la gran cantidad de residuos, incluyendo plásticos, observados en el tramo fluvial estudiado, únicamente en dos individuos se pudo constatar la incorporación de plásticos en sus estuches, un hallazgo que apenas supone el 3% del total de muestras estudiadas y ~4% si únicamente tenemos en cuenta las muestras que exhibían estuches de naturaleza inorgánica. Consecuentemente, a partir de los datos reunidos en el presente estudio no es posible afirmar que la incorporación de plásticos en estuches de larvas de tricópteros sea un hecho ampliamente generalizado. Es importante tener presente sin embargo que, mismo si la incorporación de plásticos en los estuches es un hecho puntual, ello no nos permite descartar que estos contaminantes estén afectando de algún otro modo las larvas de tricópteros (e.g. ingestión de microplásticos por parte de las mismas) y, de manera general, las comunidades dulceacuícolas.

Aunque, como se ha mencionado anteriormente, este estudio sugiere que la presencia de plásticos en estuches de larvas de tricópteros es un hecho puntual, el análisis de las muestras obtenidas en el mismo, así como las

condiciones en las cuales las mismas fueron recogidas, también sugiere que dicha frecuencia podría ser mayor de la detectada. En primer lugar es importante destacar que, a diferencia del individuo recolectado en el año 2017, la práctica totalidad de las muestras obtenidas en el presente trabajo eran estuches vacíos. Puesto que estas construcciones pueden acumularse en el fondo de ríos y lagos y permanecer intactas durante décadas una vez que han sido abandonadas por sus ocupantes, es posible que algunos de los estuches estudiados fuesen construidos en períodos donde la contaminación era menor. En segundo lugar, destaca igualmente que la mayoría de los estuches obtenidos en el presente trabajo eran de un tamaño considerablemente menor que el estuche encontrado anteriormente en esa misma zona. Las menores dimensiones de estos tricópteros podrían explicar que los mismos utilizaran preferentemente pequeños granos de arena para construir sus estuches, descartando piezas de plástico de un tamaño mayor. Según Gispert et al. (2018), el tamaño de grano utilizado para construir los estuches responde a un equilibrio entre energía y tiempo necesarios: la construcción de estuches con granos relativamente grandes implica un mayor gasto de energía porque se necesita más producción de seda para unirlos pero, como contrapartida, requiere menos tiempo; por el contrario, granos más pequeños requieren menos energía pero el proceso de construcción se prolongará durante más tiempo. Otro factor importante a tener en cuenta es que las muestras obtenidas en el presente estudio incluían tanto estuches de naturaleza inorgánica como estuches de naturaleza orgánica. Aunque no existen evidencias claras de que algunas especies favorezcan la utilización de un material sobre otro, parece lógico pensar que una hipotética incorporación de plásticos únicamente tendría lugar en aquellos estuches de naturaleza inorgánica. Sin embargo, tal y como se señaló en la sección de resultados, mismo teniendo en cuenta únicamente este subconjunto de muestras la incidencia del fenómeno continúa siendo muy baja. Otro aspecto a tener en cuenta es que el número de tricópteros encontrados fue inusualmente bajo, particularmente en los meses de febrero y abril (21 y 13 ejemplares, respectivamente). Este bajo número de capturas podría estar relacionado con las condiciones meteorológicas que imperaron durante la mayor parte del período de realización del estudio. Los cuatro primeros meses del año 2018 (enero – abril) estuvieron marcados por intensas

y frecuentes lluvias que ocasionaron una corriente del agua y una velocidad de flujo mayor de lo habitual en el Rego de Trabe. Resulta altamente probable que estas condiciones hidrológicas anómalas ocasionaran una mayor deriva de tricópteros así como otros macroinvertebrados bentónicos. De hecho, aunque la capacidad para abandonar activamente la deriva y regresar al fondo varía entre especies, generalmente un gran porcentaje de macroinvertebrados no son capaces de efectuar dicho regreso si aumenta sustancialmente la velocidad del flujo de la corriente (Brouwer et al., 2017). Además, a las anteriores consecuencias habría que añadir las derivadas del mayor transporte de sedimentos y la estructura del hábitat alterada. Un último aspecto a destacar es que mientras se llevo a cabo el estudio se efectuaron diversas acciones de tala y poda de árboles en la orilla del tramo estudiado del Rego de Trabe. Estas modificaciones pudieron causar un descenso en el número de tricópteros y, por lo tanto, en el número de individuos capturados. Correa-Araneda et al. (2017) sugieren que las alteraciones en el hábitat por actividades antropogénicas pueden conducir a la aparición de más de un factor estresante provocando una pérdida de eficacia biológica y una mayor depredación. De hecho, en el citado artículo se demuestra como el reemplazo de la vegetación de ribera nativa por monocultivos de arboles exóticos puede tener consecuencias en el hábitat como la disminución de la entrada de hojarasca al cauce, hecho que a su vez compromete el crecimiento larvario al reducir los recursos disponibles.

Pese a que el número de tricópteros que incorporaron plásticos a sus estuches se puede calificar como bajo, no deja de ser interesante constatar que este fenómeno se produce aunque sea de manera más o menos anecdótica. De hecho, otros estudios habían demostrado anteriormente que las larvas de distintas especies de tricópteros pueden incorporar en sus estuches materiales “artificiales” o “ajenos” a su hábitat. Por ejemplo, Erman (1986) investigó los movimientos de deriva de *Chyranda centralis* (familia Limnephilidae) mediante el marcaje por incorporación de plásticos en sus estuches. De igual modo, Jackson et al. (1999) estudiaron los movimientos que realizaban las larvas de *Gumaga nitricula* (familia Sericostomatidae) mediante el marcaje por la incorporación en sus estuches de pequeñas piezas con brillo (purpurina).

6. CONCLUSIONES

La principal función de los estuches de las larvas de tricópteros es la protección y el camuflaje frente a sus potenciales depredadores. Puesto que la mayoría de los individuos estudiados en el presente trabajo no incorporaron plásticos en sus estuches, no podemos afirmar que la presencia de estos residuos sea un hecho generalizado y, en consecuencia, un nuevo ejemplo de trampa evolutiva. Sin embargo, debido a la gran cantidad de residuos encontrados en el cauce del río así como las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el presente estudio, es plausible que hayamos subestimado las consecuencias de este tipo de contaminación.

CONCLUSIONS

The main role of caddisfly cases is providing protection and camouflage against their potential predators. Since the majority of the studied individuals in the present work did not incorporate plastics in their cases, we cannot affirm that the presence of these wastes was an extended fate and, consequently, a new example of evolutionary trap. However, due to the high quantity of wastes found in the studied section of the Rego de Trabe, it is plausible we had underestimated the consequences of this kind of pollution.

7. AGRADECIMIENTOS

Agradecer el apoyo a mi tutora Lucía Couceiro López, por toda su dedicación y paciencia a lo largo de todos estos meses de trabajo. A mis compañeras Lucía Sánchez Fresco e Inés Romero Sirvent, por su ayuda en la recogida de muestras. Y por último y no menos importante, a mi familia y amigos por su apoyo constante.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Bellard, C.; Bertelsmeier, C.; Leadley, P.; Thuiller, W. & Courchamp, F. (2012) Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecological Letters* 15(4): 365-377.

- Blettler, M.C.M.; Abrial, E.; Khan, F.R.; Sivri N. & Espinola, L.A. (2018) Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research* 143: 416-424.
- Both, C. & Visser, M.E. (2001) Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411: 296-298.
- Brouwer, J.H.F.; Besse-Lototskaya, A.A.; ter Braak, C.J.F.; Kraak, M.H.S. & Verdonchot, P.F.M. (2017) Flow velocity tolerance of lowland stream caddisfly larvae (Trichoptera). *Aquatic Science* 79: 419-425.
- Correa-Araneda, F.; Basaguren, A.; Abdala-Díaz, R.T.; Tonin, A.M. & Boyero, L. (2017) Resource-allocation tradeoffs in caddisflies facing multiple stressors. *Ecology and Evolution* 7: 5103-5110.
- Darimont, C.T.; Fox, C.H.; Bryan, H.M. & Reimchen, T.E. (2015) The unique ecology of human predators. *Science* 349(6250): 858-859.
- Early, R.; Bradley, B.A.; Dukes, J.S.; Lawler, J.J.; Olden, J.D.; Blumenthal, D.M.; Gonzalez, P.; Grosholz, E.D.; Ibañez, I.; Miller, L.P.; Sorte, C.J.B. & Tatem, A.J. (2016) Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature Communications* 7:12485.
- Erman, N.A. (1986) Movements of self-marked caddisfly larvae, *Chyranda centralis* (Trichoptera: Limnephilidae), in a Sierran spring stream, California, U.S.A. *Freshwater Biology* 16: 455-464.
- Ferry, E.E.; Hopkins, G.R.; Stokes, A.N.; Mohammadi, S.; Brodie Jr, E.D.; & Gall, B.D. (2013) Do all portable cases constructed by caddisfly larvae function in defense? *Journal of Insect Science* 13:5.
- Gates, J.E. & Gysel, L.W. (1978) Avian nest dispersion and fledging success in field-forest ecotones. *Ecology* 59(5): 871-883.
- Gilroy, J.J. & Sutherland, W.J. (2007) Beyond ecological traps: perceptual errors and undervalued resources. *Trends in Ecology & Evolution* 22: 351-356.
- Gispert, Q.; Alfenas, G. & Bonada, N. (2018) Grain size selection in case building by the mountain cased-caddisfly species *Potamophylax latipennis* (Curtis, 1834): a trade-off between building time and energetic costs. *Limnetica* 37(1): 33-45.

- Gonzalez, M.A. & Cobo, F. (2006) Macroinvertebrados de las aguas dulces de Galicia. Hércules de ediciones, A Coruña, 173 pp.
- Haddad, N.M.; Brudvig, L.A.; Clobert, J.; Davies, K.F.; Gonzalez, A.; Holt, R.D.; Lovejoy, T.E.; Sexton, J.O.; Austin, M.P.; Collins, C.D.; Cook, W.M.; Damschen, E.I.; Ewers, R.M.; Foster, B.L.; Jenkins, C.N.; King, A.J.; Laurance, W.F.; Levey, D.J.; Margules, C.R.; Melbourne, B.A.; Nicholls, A.O.; Orrock, J.L.; Song, D.X. & Townshend, J.R. (2015) Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* 1: e1500052.
- Hale, R. & Swearer, S.E. (2016) Ecological traps: current evidence and future directions. *Proceedings of the Royal Society B* 283: 20152647.
- Hedin, J.; Isacsson, G.; Jonsell, M. & Komonen, A. (2008) Forest fuel piles as ecological traps for saproxylic beetles in oak. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23(4): 348-357.
- Horváth, G.; Kriska, G.; Malik, P. & Robertson, B. (2009) Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(6): 317-325.
- Jackson, J.K.; McElravy, E.P. & Resh, V.H. (1999) Long-term movements of self-marked caddisfly larvae (Trichoptera: Sericostomatidae) in a California coastal mountain stream. *Freshwater Biology* 42: 525-536.
- Kriska, G.; Horvath, G. & Andrikovics, S. (1998) Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt roads? Water-imitating polarized light reflected from asphalt attracts Ephemeroptera. *Journal of Experimental Biology* 201: 2273-2286.
- Pal, A.; Gin, K.Y-H.; Lin, A.Y-C. & Reinhard, M. (2010) Impacts of emerging organic contaminants on freshwater resources: review of recent occurrences, sources, fate and effects. *Science of the Total Environment* 408: 6062-6069.
- Robertson, B.A. & Hutto R.L. (2006) A framework for understanding ecological traps and an evaluation of existing evidence. *Ecology* 87: 1075-1085.

- Robertson, B.A.; Rehage, J.S. & Sih, A. (2013) Ecological novelty and the emergence of evolutionary traps. *Trends in Ecology & Evolution* 28: 552-560.
- Schlaepfer, M.A.; Runge, M.C. & Sherman, P.W. (2002) Ecological and evolutionary traps. *Trends in Ecology & Evolution* 17: 474-480.
- Sih, A. (2013) Understanding variation in behavioural responses to human-induced rapid environmental change: a conceptual overview. *Animal Behaviour* 85: 1077-1088.
- Sih, A.; Ferrari, M.C.O. & Harris, D.J. (2011) Evolution and behavioural responses to human-induced rapid environmental change. *Evolutionary Applications* 4: 367-387.
- Tachet, H.; Richoux, P.; Bournard, M. & Usseglio-polatera, P. (2010) Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS, Paris, 588 pp.
- Wiggins, G.B. (2007) Caddisflies: Architects under water. *American Entomologist* 53(2): 78-85.
- Windsor, F.M.; Tilley, R.M.; Tyler, C.R. & Ormerod, S.J. (2018) Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates. *Science of the Total Environment* 646: 68-74.