

Trabajo Fin de Grado

Catalogación de los cañones de la Sierra de Guara según la comunidad bentónica para el diseño del seguimiento ecológico de los efectos del barranquismo en el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara (Huesca).

Cataloging of the Sierra of Guara canyons according to the benthic community for the design of the ecological monitoring of the effects of canyoning in the Sierra y Cañones de Guara Natural Park (Huesca).

Autor

Rubén Lozano Isarre

Directora

Rocío López-Flores

Índice

Introducción.....	4
Objetivos.....	6
Metodología	6
Área de estudio	6
Métodos	9
Muestreo de macroinvertebrados.....	10
Índices biológicos.....	10
Análisis estadístico	12
Resultados	13
Discusión.....	26
Conclusiones.....	32
Bibliografía	33
Anexos	35

Resumen

Cada año miles de turistas realizan actividades de ocio en los barrancos del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara (PNSCG). Esto supone un impacto en el cauce, que puede derivar en un deterioro de estos ecosistemas acuáticos tan característicos. Es por esto que debe hacerse un seguimiento para garantizar una gestión sostenible de los mismos. En el presente Trabajo de Fin de Grado, se realiza una comparación entre los distintos barrancos que han sido muestreados, de acuerdo a su composición de macroinvertebrados acuáticos. Para ello, se calcularon distintos índices biológicos de diversidad, valor ecológico y funcionalidad, y se compararon mediante el uso de test ANOVA y gráficos NMDS. Se comparó la comunidad bentónica de cada barranco y el efecto del barranquismo en cada uno y a lo largo de la temporada.

Algunos barrancos presentaron similitudes en su comunidad y características, sin embargo, el impacto causado por el barranquismo fue diferente para cada uno, siendo el Formiga el más afectado y la Peonera el menos afectado.

Palabras clave: barrancos, macroinvertebrados, deportes de aventura, indicadores biológicos, calidad ecológica, resiliencia, espacios protegidos

Abstract

Each year thousands of tourists carry out free time activities in the Natural Park of the mountains and canyons of Guara (PNSCG). This entails an impact on the riverbed that can lead to a deterioration of these peculiar aquatic ecosystems. Because of this, a monitoring must be carried out to guarantee a sustainable process of them.

On this Final Degree Project, a comparison between the different canyons that has been sampled is done, according to their composition of aquatic macroinvertebrates. With that purpose, different biological, diversity ecologic value and functionality rates were calculated and compared by the ANOVA tests and NMDS graphics. Each canyon's benthic community and the effect of canyoning on each of them and throughout the season were compared.

Some canyons presented similarities in their community and characteristics, nevertheless, the impact caused by canyoning was unique for each other, being Formiga's the most affected and the Peonera's the less affected.

Keywords: macroinvertebrates, adventure sports, biological indicators, ecological quality, resilience, protected spaces

Introducción

Cada año miles de turistas realizan actividades de ocio en los barrancos de Guara. Esto supone un impacto en el cauce, del que debe hacerse un seguimiento para garantizar una gestión sostenible de los barrancos y que el estado del río y la calidad del agua no se vean perjudicados de cara al futuro. Entre los objetivos de la agenda 2030 de la ONU se encuentran la protección y gestión de ríos, concretamente en el ODS 6 que trata de garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todas las personas, y que en su meta 6.6 dice “proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos”; y en el ODS 15 sobre la vida terrestre y sus ecosistemas: “asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios”.

No existen muchos estudios sobre el impacto que tiene el barranquismo en la calidad ecológica de los ríos. En 2011, se realizó en Blue Mountains, Australia, un estudio que concluyó que con el nivel de afluencia de visitantes que había, no se apreciaba un impacto medible (Hardiman y Burgin, 2011). Aparte de este trabajo, donde se han realizado más estudios es en la Sierra de Guara, Huesca.

Sierra, Jorge (2013) en su trabajo Efecto del barranquismo sobre los macroinvertebrados acuáticos y su recuperación en el río Formiga (Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara), concluye que, si bien, el pisoteo que se produce durante la actividad de barranquismo en el tramo de uso deportivo del río Formiga, afecta a la población de macroinvertebrados reduciéndose considerablemente su número, es capaz de recuperarse totalmente 30 días después de la temporada, al igual que la calidad ecológica del río.

Sin embargo, Sasot, Luis (2018) en su trabajo Efectos del barranquismo sobre las comunidades acuáticas y su capacidad de recuperación en el río Formiga en el Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara, Huesca, temporada 2016, encontró que la concentración de clorofila a del perifiton del río Formiga se redujo en un 109,07% y su recuperación se alargó durante 2 meses. Así mismo, el número de familias e individuos de macroinvertebrados disminuyó al final de la temporada en un 54% y un 90% respectivamente y su recuperación tardó también 2 meses.

Baigorri, Celia (2020) en su trabajo Impacto del Barranquismo en el río Formiga: evolución del Estado Ecológico y la Diversidad Funcional del 2013 al 2018 (Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara, Huesca), concluye que durante estos 6 años la tendencia ha sido a la pérdida de calidad del agua, siendo la mejor calidad ecológica

IBMWP en el año 2013 y la peor en el 2018 y que a pesar de la capacidad de recuperación de los macroinvertebrados, se acumulan los impactos del barranquismo en el río Formiga año tras año.

Pérez, María Luisa (2018) en su trabajo Evaluación del impacto del barranquismo y la resiliencia de las comunidades acuáticas del barranco de La Peonera en el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara, observa que tras la perturbación continua de pisoteo existe un claro descenso de la concentración de clorofila a, pero se recupera alcanzando los niveles del control a partir de los 30 días posteriores a finalizar el impacto, así como el efecto perjudicial del pisoteo en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, que también se revierte en un periodo de 15 días. Tras el estudio realizado, considera que el impacto menor observado en este río en comparación con el Formiga, podría deberse a las características morfológicas del cauce, que es más ancho.

Gimeno, Melisa (2020) en su trabajo Evaluación del efecto del barranquismo en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del río Mascún, perteneciente al Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara, concluye que al final de la temporada de barranquismo se observó una disminución de la biomasa de perifiton, lo cual tuvo consecuencias sobre las estrategias tróficas dominantes en la comunidad de macroinvertebrados. Por otra parte, destacó la similitud de los datos obtenidos en el río Mascún con los obtenidos anteriormente en los estudios sobre el río Formiga, afirmando que las características hidrogeomorfológicas, tanto a nivel local como a escala de cuenca, intervienen de manera relevante en la intensidad con la que el pisoteo de los barranquistas influye en las comunidades bentónicas.

La regulación y gestión del uso deportivo de estos ecosistemas requiere del seguimiento con muestreos anuales de la comunidad acuática de los barrancos. Después de los diferentes trabajos que se han realizado en la EPS en colaboración con la Dirección General de Aragón (DGA) se ha visto que lo apropiado sería encontrar barrancos representativos para realizar el seguimiento en ellos, esto supondría una reducción considerable del esfuerzo y permitiría disponer de datos actualizados de las comunidades acuáticas.

Hasta el momento, los diferentes trabajos realizados en el PNSCG concluyen que hay diferencias entre barrancos, tanto en sus características como en el impacto que supone en los mismos el barranquismo (Pérez y López-Flores, 2018; Sierra y López-Flores, 2013), por lo tanto, se ha visto que es necesaria su clasificación para saber cuáles son similares entre sí y elegir los barrancos más representativos de los distintos grupos.

Objetivos

- Comparar distintos barrancos de Guara según las características de su comunidad bentónica.
- Comparar la afectación producida por el barranquismo entre aquellos barrancos en los que se ha realizado seguimiento de la temporada.
- Establecer agrupaciones de barrancos y en cada una, un representante que permita simplificar el seguimiento anual. Realizar una clasificación de las características biológicas de los distintos barrancos para poder agruparlos según estas características.

Metodología

Área de estudio

La Sierra de Guara, a unos 25 km al noreste de la ciudad de Huesca, es una cadena montañosa del prepirineo aragonés, entre la cordillera Pirenaica y el valle del Ebro. Los términos municipales a los que pertenece son Abiego, Adahuesca, Alquézar, Bierge y Colungo de la comarca de Somontano de Barbastro; Aínsa-Sobrarbe, Bércabo y Boltaña de la comarca de Sobrarbe; Arguís, Casbas de Huesca, Huesca, Loporzano y Nueno de la comarca de La Hoya de Huesca; y Caldearenas y Sabiñánigo de la comarca de Alto Gállego.

La Sierra y Cañones de Guara fue declarado Parque Natural por Ley 14/1990 de 27 de diciembre, gracias a que posee una gran riqueza medioambiental, así como patrimonio histórico, artístico y cultural. La declaración del Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara “establece el marco jurídico que ha de permitir la protección, conservación y rehabilitación, en su caso, de la riqueza natural y cultural que atesora el paraje descrito, haciéndolo compatible con la promoción de la cultura, la educación y el ocio, así como con el desarrollo socioeconómico de la zona, de manera que se contribuya a la mejora de las condiciones de vida de sus habitantes.” (Ley 14/1990 de 27 de diciembre).

Con una extensión de 47.453 hectáreas de Parque y 33.286 hectáreas de Zona Periférica de Protección, es el espacio protegido más extenso de Aragón. Su altitud mínima es de 430 metros en el Río Alcanadre y su altitud máxima de 2.077 metros en el Tozal de Guara. De origen kárstico, su orografía se ha modelado con el tiempo mediante la erosión producida por el aire y el agua, formándose con los abundantes ríos que la atraviesan, numerosos y espectaculares cañones muy atractivos para los amantes del barranquismo.

Los ríos más importantes por ser los más grandes son el Vero, el Alcanadre, el Isuala, el Flumen y el Guatizalema, siendo estos tres últimos afluentes del Alcanadre. Tanto el río Vero como el río Alcanadre transcurren de norte a sur y desembocan en el Cinca. En el río Alcanadre desembocan numerosos ríos, entre los que se encuentran, además de los nombrados anteriormente: el Formiga, el Isuala y el Mascún.

A continuación, se citan todos los barrancos estudiados y comparados para esta catalogación, ofreciendo algunas de sus características según E. Salamero (2002) en su libro Barranquismo en Guara, Sierras de piedra y agua.

Barranco de Gorgas Negras. Es el primer tramo deportivo del río Alcanadre. Se trata de un cañón emblemático de la Sierra de Guara con una escarpada orografía. Un barranco inmenso con el cauce encajado, mucho desnivel y un gran desfiladero.

“El potente paquete de calizas de esta zona de Guara ofrece las mayores dimensiones y profundidad del Parque (casi 1.000 m. de desnivel entre el Tozal d'a Cabeza y Custodia). Además, presenta disposiciones muy diferentes a lo largo del recorrido y origina un cauce encajado a favor de una morfología estructural bien diferenciada: durante toda la primera parte los estratos tienden a la horizontalidad (abundantes cornisas y repisas ascendentes) mientras que al final, en la zona de As Arrallas y O Turno, aparecen completamente verticalizados de forma espectacular (numerosas canales, chimeneas y agujas).” (E. Salamero 2002 pág.121).

Barranco de Mascún. El río Mascún es afluente del río Alcanadre en el extremo norte del valle de Rodellar. El barranco que forma es espectacular, con una arquitectura asombrosa que atraviesa paisajes muy distintos y contrastados.

“El barranco de Mascún está excavado a favor de una profunda fractura de dirección N-S. Su curiosa morfología, a base de agujas y torreones, se debe a otra serie de fracturas paralelas y perpendiculares al eje del barranco (las más importantes han generado sus barrancos afluentes).” (E. Salamero 2002 pág. 159).

Barranco de Peonera. Tercer y cuarto tramos deportivos del río Alcanadre. Recoge las aguas de la cuenca de Mascún que se ha incorporado al cauce anteriormente. Con pasillos estrechos y acantilados, numerosos caos de rocas y varios tramos con filtraciones del cauce.

“Abundantes y laberínticos caos de rocas. Aun siendo el Alcanadre el río más importante del Parque sufre, a semejanza del Mascún, importantes variaciones/desapariciones de caudal durante los estiajes importantes. En el tramo que nos ocupa se filtra por completo más debajo de San Saturnino, reaparece en las fuentes d'os Arenales para volver a desaparecer en los Bozos de Telito. Solo a partir de de las fuentes

de Conciatas el río retoma una caudal que ya no llegará a desaparecer más.” (E. Salamero 2002 pág. 134).

Barranco de Formiga. El río Formiga nace en la vertiente sur del Parque y también es afluente del río Alcanadre. El barranco de Formiga tiene un poco de todo, siendo uno de los más populares de la Sierra de Guara porque es corto, bastante accesible y con bonitos paisajes.

“En este barranco, cuyo caudal casi nunca es considerable, dejaron sin embargo una profunda huella las crecidas excepcionales del invierno 97/98, del 10/06/00 y del 04/07/01, sobre todo en el desmantelamiento completo de una buena parte del cauce anterior al primer rápel. Algunas de ellas todavía se adivinan fácilmente.” (E. Salamero 2002 pág. 104).

Barranco de Oscuros de Balcez. Este barranco es una formidable fisura entre montañas. Se trata del tramo intermedio del río Isuala (Balcez), otro afluente del Alcanadre, entre el Balcez superior y Estrechos del Balcez.

“Morfología estructural del desfiladero a favor del plegamiento de la sierra de Balcez (la galería de los Oscuros es monolítica y regular, solo suavizada por los cambios de luz). Transición, en el Tranco las Olas, de las calizas (núcleo principal de Guara) a los conglomerados (macizo de sedimentos fluviales en el sur). Efecto de modelado por la fuerza del agua: grandes bloques pulidos, marmitas, golpes de gubia. Sucesivas capas calcáreas depositadas en las paredes de la galería.” (E. Salamero 2002 pág. 198).

Estrechos de la Carruaca. Situado en la cara norte de la Sierra de Guara, este barranco forma parte de la rama oriental del Flumen, el último de los afluentes del río Alcanadre.

“Bonitos y escondidos estrechos a la altura del pueblo deshabitado de Lúsera. ...progresivamente bien configurado en calcáreo. Pequeño caudal que acusa el estiaje. Variados resaltes...” (E. Salamero 2002 pág. 51).

Cañón del Vero. El río Vero discurre de norte a sur por el extremo oriental de la Sierra de Guara y presenta un largo y variado cañón de amplias dimensiones.

“El Vero ha sabido aprovechar las debilidades de la masa calcárea enlazando una tras otra. Muchas de ellas parecen haber sufrido episodios tremendos, a juzgar por la abundancia y dimensiones de los caos. El primero de ellos, el más ciclópeo de todo el Parque de guara, ha obligado al río a un curso casi semisubterráneo: es el caso de los Oscuros. Por lo demás, las dimensiones de cualquiera de sus acantilados y la abundancia

de abrigos de mil formas, asombran y enseñan la evolución de las estructuras.” (E. Salamero 2002 pág. 245).

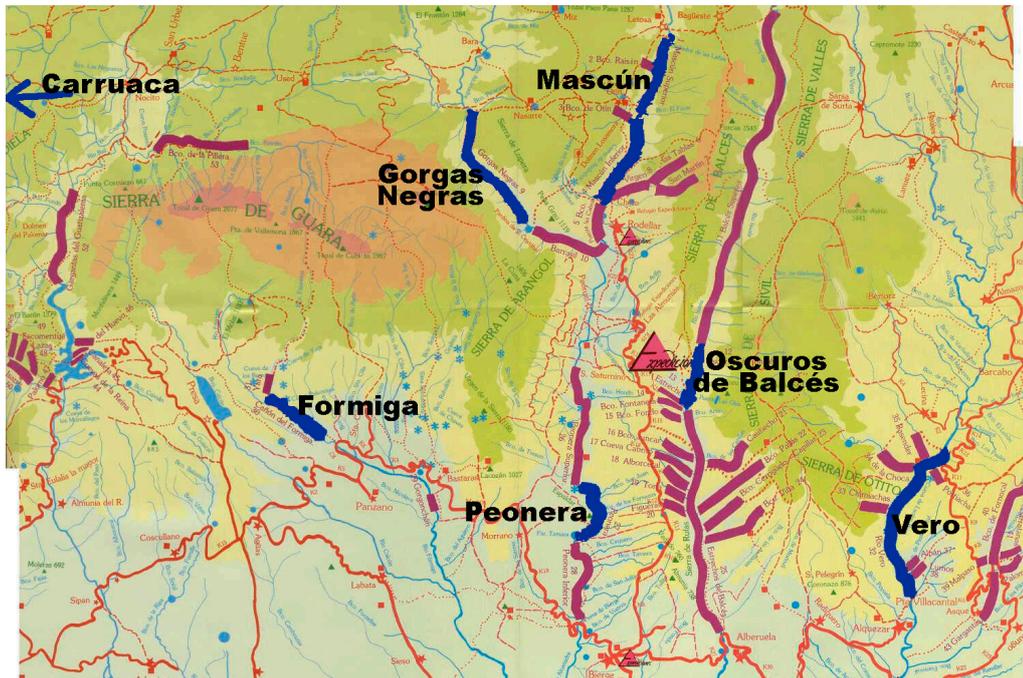


Figura 1. Mapa con la localización de los barrancos estudiados. Elaboración propia a partir de mapa cedido por Expediciones.

Métodos

La toma de muestras en los distintos barrancos se llevó a cabo por el equipo de vigilancia de barrancos de los Agentes de Protección de la Naturaleza con ayuda de un Técnico Superior de la DGA y también por parte de otros estudiantes, cuando se trataba de puntos de muestreo fuera del barranco, de acuerdo a las directrices del manual de la CHE para las muestras de macroinvertebrados.

En general, para cada río se escogieron tres puntos de muestreo, el primero como punto de control y los otros dos alterados por la actividad (uno dentro y otro a la salida del barranco). Para abarcar mejor la heterogeneidad del medio, en cada punto se tomaron 3 réplicas.

Las muestras se analizaron en los laboratorios de Ecología de la EPS, en Huesca. Personalmente me encargué de las muestras de uno de los barrancos, el Balcez, pues las del resto de barrancos ya habían sido analizadas previamente por otros alumnos o investigadores.

Muestreo de macroinvertebrados

Para el muestreo de macroinvertebrados se utilizó una red surber, de 30 x 30 cm. Se colocó de forma vertical en el sustrato encarada a la corriente y se removió el sustrato anterior, de 30 x 50 cm, de modo que los macroinvertebrados de esa área fueran arrastrados por la corriente y quedasen atrapados en la red. Este proceso se realizó durante varios minutos para cada kick (muestreo con red). El contenido de la red se vació en una bandeja de plástico y después se introdujo en un bote de plástico, donde la muestra fue fijada con etanol al 70% para evitar su degradación.

Una vez en el laboratorio, se limpiaron las muestras manualmente retirando las piedras y restos orgánicos de gran tamaño. Con las muestras más limpias, se procedió a localizar y extraer todos los macroinvertebrados de las mismas, separándolos en viales con etanol al 96%. Posteriormente, cada invertebrado fue identificado con una resolución taxonómica de familia con ayuda de una lupa binocular y clave dicotómica.

Índices biológicos

Una vez identificados todos los macroinvertebrados a nivel de familia se calcularon distintos índices biológicos, taxonómicos y funcionales:

-Riqueza específica (S): Indica el número de familias de macroinvertebrados presentes en la muestra. Tiene un valor relativo ya que supone que todas las especies son igual de abundantes y no toma en cuenta el valor de importancia de cada una.

-Abundancia (N): Indica el número total de individuos.

-Índice de Simpson: Representa la probabilidad de que al seleccionar al azar dos individuos dentro de un hábitat, estos pertenezcan a la misma especie. Cuanta mayor sea la dominancia de una especie, más se acerca este índice a 1. A menudo se representa el índice como $1-D$ para que valores cercanos a 0 (mucha dominancia) supongan poca diversidad y valores cercanos a 1 (poca dominancia) indiquen mayor diversidad.

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

-Índice de diversidad de Shannon-Weaver: Mide la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra teniendo en cuenta su número de especies y de individuos. Su valor será 0 cuando la muestra contenga solo una especie, y será máximo cuando la comunidad tenga una distribución de abundancias

perfectamente equitativa. Este índice subestima la diversidad específica si la muestra es pequeña.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

-Riqueza taxonómica de Margalef: Relaciona la riqueza de especies con la abundancia de individuos.

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

-Índice IBMWP (Iberian Biomonitoring Working Party): Contempla la afinidad de los organismos por aguas de mayor o menor calidad a partir de puntuaciones. Cada familia tiene asignado un valor ecológico sobre 10 siendo 1 para los organismos más tolerantes y 10 para los más sensibles a las alteraciones. La suma de todas las familias presentes da un valor ecológico, que puede ser, según la siguiente tabla.

Clase	Calidad	IBMWP	Significado	Color
I	Buena	>100	Aguas muy limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable.	
II	Aceptable	61-100	Aguas con algún signo evidente de contaminación.	
III	Dudosa	36-60	Aguas claramente contaminadas.	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas.	
V	Muy crítica	<16	Aguas fuertemente contaminadas.	

Tabla 1. Clasificación valores del Estado Ecológico de una masa de agua a partir de IBMWP. Fuente: Alba-Tercedor et al. (2002).

Esta tabla ayuda para una clasificación de ríos general, pero se puede hacer una mejor valoración para cada río según su tipología, aplicándose en este caso los valores del Real Decreto 1/2016 para los ríos de tipo R-T12, “ríos de montaña mediterránea calcárea”.

Tipo de río	Indicador	Condición de referencia	Muy bueno/ bueno	Bueno/ moderado	Moderado/ deficiente	Deficiente/ malo
R-T12	IBMWP	186	0,82	0,5	0,3	0,12

Tabla 2. Condiciones de referencia y límites de cambio para masa de agua tipo R-T12. Fuente: Real decreto 817/2015 (MAPAMA, 2015).

-Índice IASPT (Iberian Average Score per Taxon): Al dividir el IBMWP por el número de familias, indica el valor ecológico medio de los taxones. Para un número igual de familias, un mayor valor de IASPT indica que las familias encontradas son de mejor calidad.

$$IASPT = \frac{IBMWP}{S}$$

-EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera): Estas familias son más sensibles a las alteraciones, por lo que su presencia es un indicador de buen estado.

-Proporción EPT(EPT+OCH): Esta proporción se utiliza para detectar la presencia de estrés hídrico por variaciones del caudal o fenómenos de sequías o inundaciones. EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) son más sensibles a la contaminación y se sitúan en cauces con flujo continuo y de velocidad, mientras que OCH (Odonata, Coleoptera y Heteroptera) son más frecuentes en caudales más bajos o temporales.

Análisis estadístico

Tras calcular todos los índices, se compararon los datos obtenidos para los distintos barrancos realizando análisis estadísticos mediante los programas estadísticos R Commander (Fox J., 2017) y Past (Hammer Ø., 2020), como test ANOVA y gráficos NMDS.

Resultados

1. Comparación de los distintos barrancos de Guara según las características de su comunidad bentónica.

Para una primera estimación visual, se han realizado gráficos circulares que representan para cada barranco el porcentaje de individuos de cada orden de macroinvertebrados que presentan (Figura 2). Se han utilizado datos de las muestras control de cada barranco, siendo todas de final de temporada (agosto-septiembre) excepto las de Formiga 2020 y Formiga 2021 que son de inicio de temporada (mayo-junio) ya que no se disponía de datos de final de temporada en las mismas. Podemos apreciar algunos casos en los que abundan los individuos de órdenes asociados a buena calidad (efemerópteros, plecópteros y tricópteros), como en Formiga 2021, Carruaca 2020 y Formiga 2019. Por el contrario, vemos casos como Vero 2019 y Formiga 2020 en los que hay un número mucho menor de individuos y la mayoría son dípteros, que indican una menor calidad.

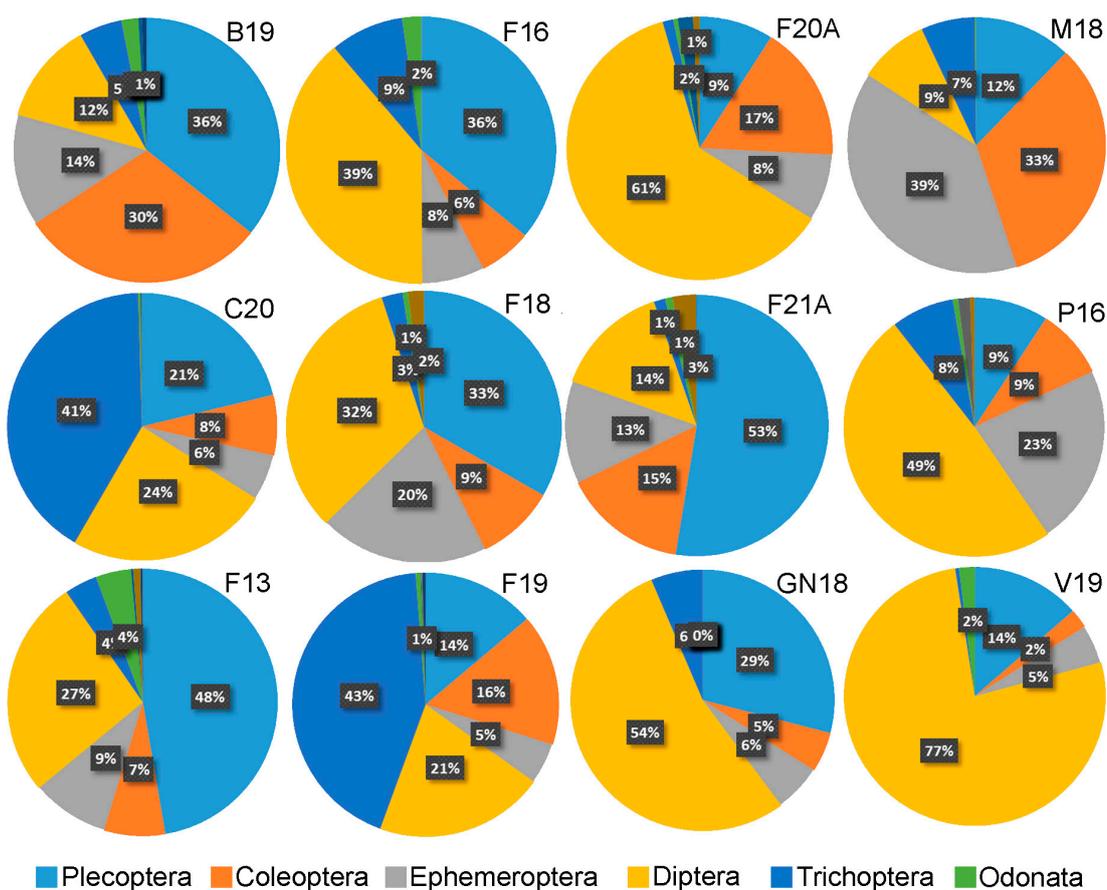


Figura 2. Composición de macroinvertebrados a nivel de orden de cada barranco.

Se ha llevado a cabo un escalado multidimensional no métrico (a partir de ahora NMDS) con el objetivo de comparar la comunidad de macroinvertebrados de los barrancos en los puntos control, es decir, los que no estaban afectados por el barranquismo. La figura 3 es una representación de los dos primeros ejes del NMDS. En ella están representadas las tres réplicas de cada barranco según la composición de macroinvertebrados que presentan. Los puntos están más cerca en el gráfico cuanto más similar sea la composición de la comunidad bentónica de las muestras y más alejados cuanto más diferencia presenten. Así, se puede observar que las réplicas tomadas en algunos barrancos como Peonera 2016, Formiga 2013 y Balcez 2019 son más parecidas entre sí, mientras que otros barrancos como Carruaca 2020 presentan grandes diferencias entre las réplicas tomadas.

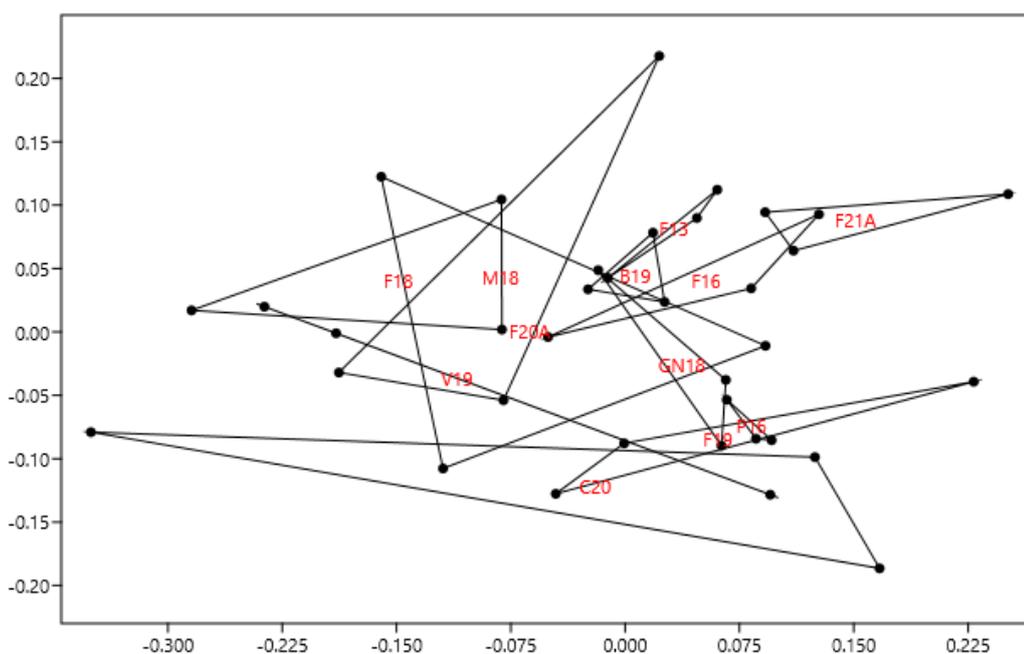


Figura 3. NMDS según la composición de macroinvertebrados para los diferentes barrancos muestreados en las muestras control.

Se ha realizado un segundo NMDS para comparar la comunidad de macroinvertebrados de los barrancos en los puntos alterados, en los que ha habido un impacto. En la figura 4 están representadas las tres réplicas de cada barranco según la composición de macroinvertebrados que presentan en los puntos alterados. Se observa que, aunque la mayoría de puntos están cerca entre sí, las réplicas de Formiga 2019, Peonera 2016, Formiga 2021 y Mascún 2018 se mantienen alejadas del resto. Esto no se ve de forma tan clara en la figura 3, donde observamos las muestras control.

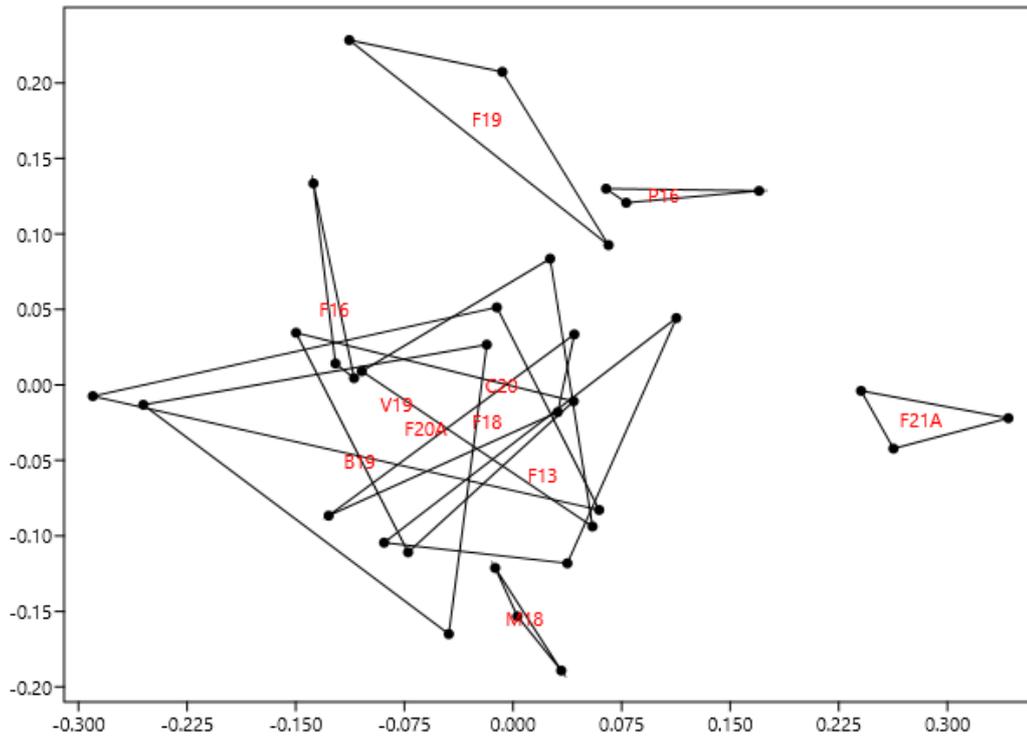


Figura 4. NMDS según la composición de macroinvertebrados para los diferentes barrancos muestreados en las muestras alteradas.

En el siguiente NMDS (Figura 5), se han representado juntas las muestras control y las alteradas para compararlas entre sí. Ya que en la figura 4 se han detectado barrancos diferentes al resto, se ha hecho una representación mediante unión de puntos separando entre controles y alterados, pero dejando por separado las muestras alteradas de Formiga 2019, Peonera 2016, Formiga 2021 y Mascún 2018 (Figura 6). Se observa que, debido al impacto y a la consecuente disminución de la calidad en los barrancos, la mayoría de muestras alteradas se parecen más a otras muestras alteradas que a los controles, exceptuando tres barrancos (Formiga 2019, Peonera 2016 y Formiga 2021) en los que sus muestras alteradas aparecen apartadas del resto, indicando que su composición se mantiene diferente ya sea por una respuesta distinta de los demás al impacto o por una calidad mejor de sus aguas.

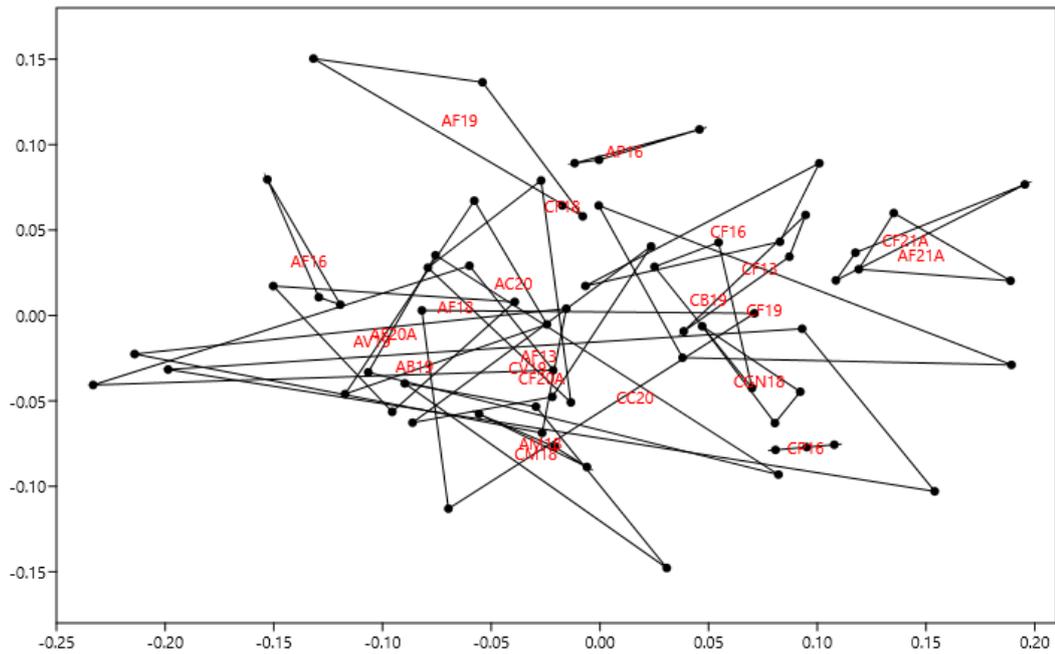


Figura 5. NMDS según la composición de macroinvertebrados para los diferentes barrancos muestreados en las muestras control y alteradas.

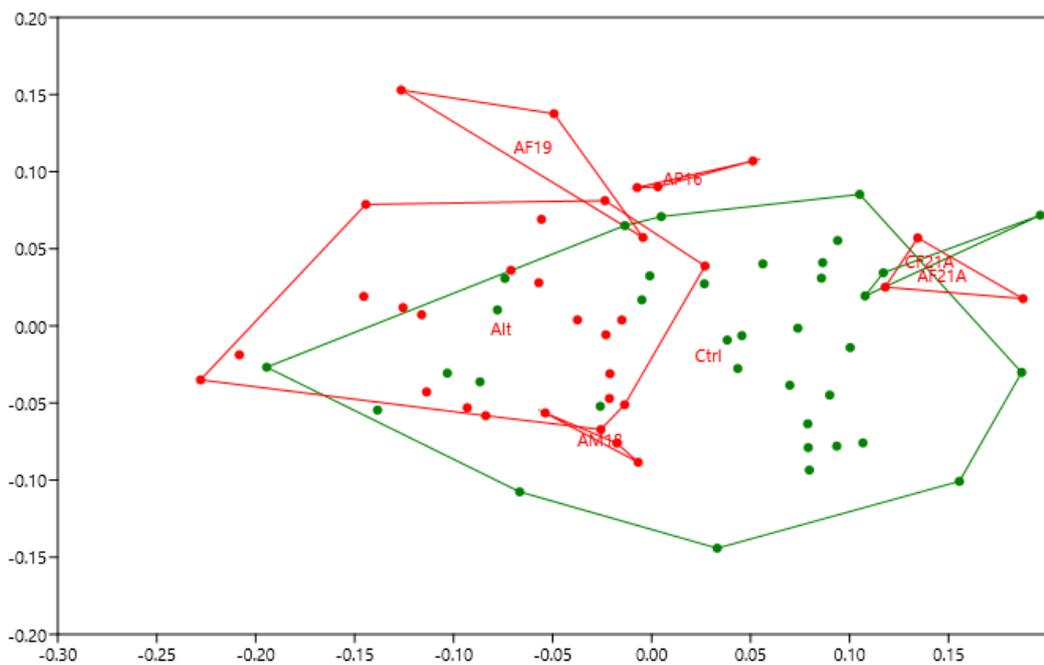


Figura 6. NMDS según la composición de macroinvertebrados para los diferentes barrancos muestreados en las muestras control y alteradas. Se representan en verde las control y en rojo las alteradas.

2. Comparación de la afectación producida por el barranquismo en los diferentes barrancos estudiados.

Se han calculado distintos índices relacionados con la diversidad taxonómica y funcional de la comunidad bentónica (Anexo 1), para cada barranco. Posteriormente, para cada índice se ha calculado un test de análisis de la variancia (ANOVA) para comprobar si hay diferencias significativas entre los distintos barrancos y, también, entre las muestras control y las afectadas por el barranquismo, tratamiento (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de los test ANOVA de 2 factores con interacción, para los diferentes índices biológicos determinados en los cañones de Guara. En verde se destacan los resultados significativos.

	factor	G.L.	F	<i>p</i>
Riqueza (S)	Barranco	10	6,5236	0,0000044
	Tratamiento	1	27,7087	0,0000040
	Interacción bxt	10	1,6515	0,1237
Abundancia	Barranco	10	3,6322	0,001384
	Tratamiento	1	13,8271	0,000564
	Interacción bxt	10	1,441	0,194645
Simpson 1-D	Barranco	10	2,1322	0,041788
	Tratamiento	1	0,8854	0,35187
	Interacción bxt	10	3,2444	0,003278
Shannon (H')	Barranco	10	2,0803	0,04707
	Tratamiento	1	5,584	0,02261
	Interacción bxt	10	2,3109	0,02771
Margalef	Barranco	10	3,6598	0,001302
	Tratamiento	1	12,2354	0,001085

	Interacción bxt	10	1,6983	0,111525
IBMWP	Barranco	10	6,6488	0,000003520
	Tratamiento	1	25,1500	0,000009176
	Interacción bxt	10	1,8285	0,08339
IASPT	Barranco	10	2,7872	0,009258
	Tratamiento	1	4,3858	0,042033
	Interacción bxt	10	2,7549	0,009968
EPT	Barranco	10	16,0873	1,20E-11
	Tratamiento	1	24,0079	1,34E-05
	Interacción bxt	10	3,4397	0,002118
EPT/EPT+OCH	Barranco	10	4,2701	0,0003503
	Tratamiento	1	1,8257	0,1835418
	Interacción bxt	10	2,3065	0,027991

Para una mejor interpretación de los test ANOVA, se ha realizado una tabla con porcentajes para saber cuánto ha aumentado o disminuido cada índice en las muestras alteradas respecto a las control (Tabla 4).

La riqueza de familias y la abundancia de individuos funcionaron igual, siendo diferentes en función del barranco y también del tratamiento. En todos los barrancos la riqueza y el número de individuos fue superior en las muestras control y disminuyó visiblemente en las impactadas. Los barrancos en los que la diferencia fue mayor son Balcez 2019, Carruaca 2020, Formiga 2013 y Formiga 2019, mientras que en otros barrancos como Peonera 2016, Vero 2019 y Formiga 2020 el impacto fue menor. Esto se puede ver también con el índice de Margalef y el IBMWP, ya que ambos presentan diferencias relevantes tanto en función del barranco como del tratamiento y las diferencias coinciden con las ya vistas teniendo picos en los mismos barrancos.

Para el índice de Simpson hay diferencias en tratamiento y en la interacción, lo que significa que sí hay diferencia entre control y alterado en algunos de los barrancos. En Formiga 2019 y Carruaca 2020 se aprecia un descenso de la diversidad en la muestra alterada respecto a la muestra control, pues aumenta la dominancia de algunas especies y, sin embargo, en Formiga 2016, Formiga 2020 y Vero 2019 la dominancia disminuye.

El índice de Shannon funciona igual que el de Simpson, aunque también muestra diferencia entre los barrancos sin tratamiento.

El índice EPT muestra diferencias para ambos factores, indicando que en algunos de los barrancos ha habido una reducción palpable de familias EPT en las muestras alteradas frente a control y por lo tanto son más sensibles a esta alteración. Los barrancos que presentan mayor diferencia son, de nuevo, Balcez 2019, Carruaca 2020, Formiga 2013, Formiga 2019 y Formiga 2016. Sin embargo, el tratamiento no ha sido relevante para la proporción $EPT/(EPT+OCH)$, lo que indica que, aunque hubo disminución de familias EPT, también la hubo de las familias OCH. En la mayoría de casos disminuyó más el número de OCH que el de EPT, como en Formiga 2018 y Formiga 2019, aunque en Balcez 2019 y Formiga 2016 no se dio así. Esto se comprueba también en el IASPT, que sale relevante para ambos factores, así como su interacción, pues si disminuye más el número de familias OCH que de las EPT (de mayor valor), el valor ecológico medio de las familias presentes aumenta en consecuencia.

Tabla 4. Porcentaje de diferencia en cada índice biológico de las muestras alteradas respecto a las control en los barrancos estudiados. Se destacan en rojo los que han disminuido y en verde los que han aumentado.

	Riqueza	Abundancia	Simpson 1-D	Shannon	Margalef	IBMWP	IASPT	EPT	ept/och
B19	-53%	-83%	6%	-13%	-24%	-65%	-51%	-72%	-40%
C20	-62%	-91%	-34%	-45%	-57%	-65%	-3%	-73%	37%
F13	-43%	-56%	7%	-7%	-35%	-48%	-38%	-65%	-7%
F16	-35%	-94%	17%	13%	17%	-28%	-38%	-78%	-57%
F18	-15%	-26%	0%	-4%	-14%	-22%	-8%	-20%	42%
F19	-52%	-53%	-40%	-43%	-48%	-48%	177%	-40%	47%
F20A	-12%	-56%	20%	20%	6%	6%	110%	37%	39%
F21A	-13%	-30%	-23%	-30%	-9%	-12%	49%	-12%	12%
M18	-27%	-50%	-6%	-11%	-22%	-24%	135%	-16%	13%
P16	-6%	-11%	6%	4%	-4%	-6%	66%	14%	7%
V19	-14%	-42%	22%	17%	1%	-1%	-50%	43%	16%

3. Comparación de la afectación producida por el barranquismo entre aquellos barrancos en los que se ha realizado seguimiento de la temporada de barranquismo.

Se han calculado distintos índices relacionados con la diversidad taxonómica y funcional de la comunidad bentónica para cada barranco antes y después de la temporada de barranquismo (Anexo 2). Posteriormente, para cada índice se ha calculado un test de análisis de la variancia (ANOVA) para comprobar si hay diferencias significativas entre los distintos barrancos antes y después de la temporada (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de los test ANOVA del factor tiempo y su interacción con tratamiento para los diferentes índices biológicos determinados en los cañones de Guara.

	factor	G.L.	F	<i>p</i>
Riqueza (S)	Tiempo	1	0,0212	0,88454
	Tratamiento	1	6,3831	0,01385
	Interacción txt	1	2,7289	0,10316
Abundancia	Tiempo	1	0,5957	0,44291
	Tratamiento	1	3,3743	0,07059
	Interacción txt	1	4,1705	0,04501
Simpson 1-D	Tiempo	1	3,9250	0,05162
	Tratamiento	1	0,1356	0,71384
	Interacción txt	1	1,1697	0,28327
Shannon (H')	Tiempo	1	3,3612	0,07113
	Tratamiento	1	0,5097	0,47771
	Interacción txt	1	1,4852	0,22717
Margalef	Tiempo	1	0,0884	0,76717
	Tratamiento	1	4,1916	0,04449

	Interacción txt	1	1,8871	0,17404
IBMWP	Tiempo	1	0,0905	0,76447
	Tratamiento	1	8,5065	0,00479
	Interacción txt	1	1,6540	0,20277
IASPT	Tiempo	1	4,2831	0,04229
	Tratamiento	1	2,2696	0,13656
	Interacción txt	1	2,6482	0,10829
EPT	Tiempo	1	0,0089	0,92496
	Tratamiento	1	6,5158	0,01294
	Interacción txt	1	0,4380	0,51035
EPT/EPT+OCH	Tiempo	1	0,2539	0,6160
	Tratamiento	1	0,5789	0,4494
	Interacción txt	1	0,2263	0,6358

La mayoría de índices no presentan diferencias relevantes respecto al tiempo. Esto se debe a que para cada barranco y tipo de muestra afecta distinto el paso del tiempo en la temporada de barranquismo. Aun así, sí aparece relevante la interacción para la abundancia, indicando que esta se ve afectada de forma diferente por el transcurso de la temporada en las muestras alteradas que en las control. También hay diferencias relevantes para el factor tiempo en el IASTP, indicando que este ha supuesto un aumento del índice en general sin importar si la muestra era alterada o control.

Para poder ver si realmente el tiempo ha afectado a las muestras alteradas respecto a las muestras control se ha calculado la diferencia mediante tres operaciones. Primero se ha realizado una resta de las distintas réplicas después de la temporada menos las mismas antes de la temporada para ver el cambio entre antes y después, se ha calculado la media para cada muestra y después se ha calculado el incremento entre las muestras alteradas y las muestras control.

Al hacer estos cálculos, podemos observar que en general se ha producido una disminución de la mayoría de índices en las diferentes fechas del barranco Formiga, mientras que no ha sido así para el Mascún y la Peonera.

Estos datos son netos, por lo que para poder interpretarlos mejor se ha realizado una conversión de los mismos a porcentajes (Tabla 6). Estos porcentajes indican lo que ha disminuido o aumentado cada índice biológico respecto a los datos hipotéticos que tendrían las muestras alteradas finales si estas se hubieran comportado como sus respectivas muestras control.

Así pues, detectamos que en las muestras del Formiga (2013, 2016 y 2019), el transcurso de la temporada de barranquismo ha afectado negativamente con porcentajes muy elevados de disminución respecto a los cambios observados en las muestras control. Y, sin embargo, en las muestras de Mascún 2018 y Peonera 2016, el impacto durante la temporada de barranquismo en la zona alterada ha sido algo positivo respecto a la zona control.

Tabla 6. Medias de la diferencia entre final y principio de la temporada de las muestras alteradas respecto a las control para los diferentes índices biológicos determinados en los cañones de Guara en los que se ha realizado seguimiento representadas como porcentaje.

	Riqueza	Abundancia	Simpson 1-D	Shannon	Margalef	IBMWP	IASTP	EPT	ept/och
F13	-50%	-70%	+21%	+12%	-39%	-54%	-7%	-65%	+2%
F16	-60%	-95%	+6%	-7%	-31%	-53%	+12%	-85%	-52%
F18	+3%	+18%	-34%	-32%	-12%	+6%	+10%	+9%	+5%
F19	-47%	-50%	-42%	-47%	-42%	-40%	+14%	-25%	+22%
M18	+16%	+0%	+4%	+11%	+10%	+36%	+17%	+40%	+36%
P16	+26%	-14%	+13%	+18%	+36%	+26%	+3%	+47%	+9%

4. Clasificación de las características biológicas de los distintos barrancos.

4.1. Similitudes entre barrancos en función de la comunidad y los índices biológicos

Se podría agrupar los barrancos estudiados en 3 grupos según la dominancia de distintos órdenes, según observamos en la figura 2. Por una parte, están Carruaca 2020 y Formiga 2019, con una composición en porcentaje bastante similar y una predominancia del orden ephemeroptera. Por otra parte, podemos agrupar Formiga 2013, Formiga 2016, Formiga 2018, Formiga 2021 y Balcez 2019, con una gran presencia de plecóteros, y Vero 2019, Peonera 2016, Formiga 2020 y Gorgas Negras 2018 con porcentaje de dípteros.

Si nos fijamos en la figura 3, podemos agrupar barrancos según su cercanía en el gráfico, indicando esto que su composición es similar. Por una parte, están Formiga 2013, Formiga 2016, Formiga 2021 y Balcez 2019. Cercano a estos se encuentra Gorgas Negras 2018, que a su vez es similar a Peonera 2016. También, cercanos a este último, están Formiga 2019 y Carruaca 2020. En el otro lado, podemos agrupar Formiga 2018, Mascún 2018 y Vero 2019, aunque la distancia entre sus puntos es mayor.

Se ha realizado otro NMDS, esta vez con los datos de los índices biológicos para cada muestra, con el objetivo de poder encontrar diferencias y similitudes entre las características biológicas de cada barranco (Figura 7).

Se puede apreciar en el gráfico que la mayoría de barrancos tienen sus réplicas relativamente separadas entre sí, lo que indica que no son muy homogéneas y por lo tanto son más difíciles de agrupar. Sin embargo, sí se observan algunos barrancos que están más cercanos entre sí, como lo son Formiga 2019, Formiga 2021 y dos de las réplicas de Carruaca 2020, que destacan por tener gran abundancia de individuos y un índice IBMWP elevado; Gorgas Negras 2018 y Mascún 2018 presentan una proporción EPT/EPT+OCH y un índice IASPT mayor al resto, y Formiga 2018 se asemeja a estos en otros índices; Peonera 2016 y Formiga 2013, que tienen un alta diversidad aunque no tanto como Formiga 2019 y Formiga 2021; y por último Formiga 2020, Vero 2019, Balcez 2019 y Formiga 2016, que presentan los niveles más bajos en todos los índices en la mayoría de casos.

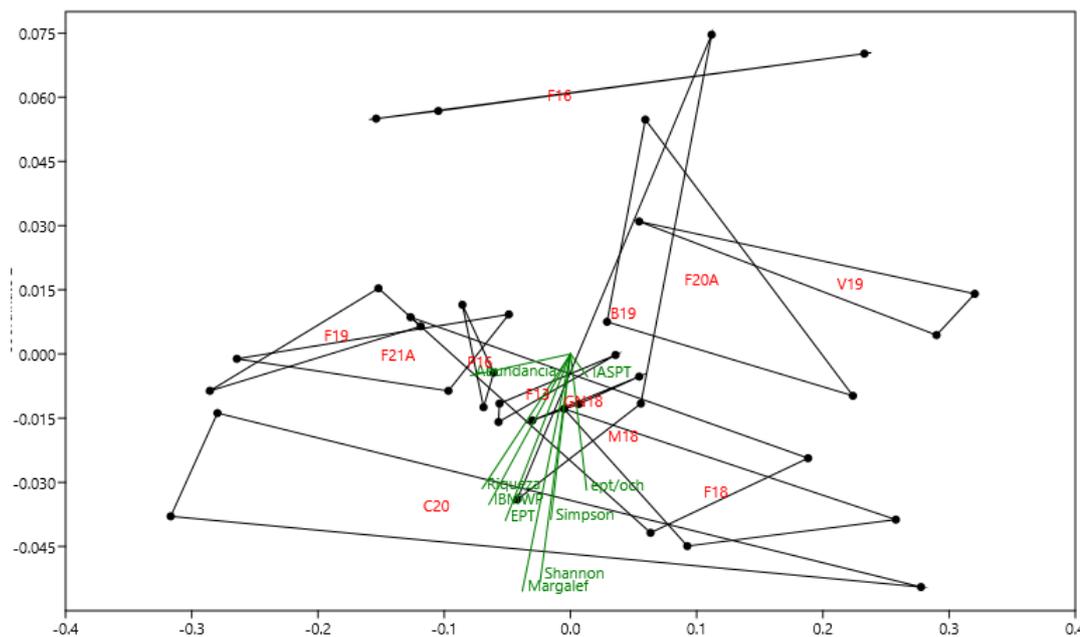


Figura 7. NMDS según los índices biológicos calculados para las muestras control.

mayor disminución de los distintos índices y por lo tanto mayor impacto, y por el contrario, las medias de Mascún 2018, Peonera 2016 y Formiga 2018 están cercanas entre sí en el lado contrario del gráfico. Esto concuerda con lo observado en la tabla 6.

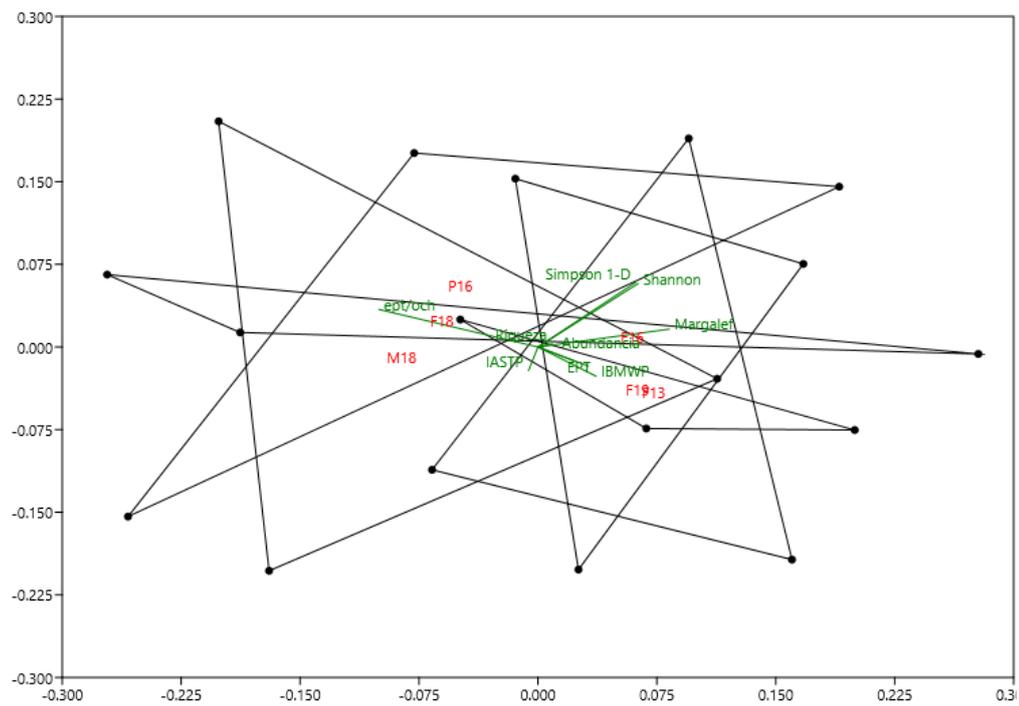


Figura 9. NMDS según las diferencias de los índices biológicos entre antes y después de la temporada.

Discusión

Características de la comunidad bentónica y similitudes entre barrancos

Los barrancos estudiados mostraron similitudes generales en cuanto a la composición de su comunidad bentónica. Se encontró la familia Leuctridae en todos los barrancos, y en todos fue el plecóptero dominante excepto en La Carruaca. De igual forma, la familia Elmidae estuvo presente en todos los barrancos y fue a su vez el coleóptero dominante. Los dípteros presentaron más variedad, sin embargo, Chironomidae se encontró en todos los barrancos y fue dominante en la mayoría salvo en los que Simuliidae lo era.

Como se observa en la figura 2, los barrancos estudiados se agruparon en 4 grupos según el orden dominante en cada uno (tricópteros, plecópteros, dípteros y efemerópteros). Sin embargo, el grupo dominado por dípteros a pesar de tener ciertas similitudes, no se pueden considerar una misma categoría ya que tiene grandes diferencias en cuanto a su abundancia y riqueza. Están en ese “grupo” el Vero, barranco con menos riqueza y abundancia de los estudiados, y la Peonera, con un valor alto en estos dos índices.

Carruaca 2020 y Formiga 2019 resultaron ser muy similares, teniendo ambos elevada abundancia de individuos y porcentajes similares en todos sus órdenes, aunque Formiga 2019 tiene mucha mayor riqueza. En lo que más se parecen es en la abundancia de tricópteros, taxón poco relevante en cuanto a cantidad de individuos en el resto de barrancos. El tricóptero dominante en Formiga 2019 es Hydropsychidae, que está presente en la mayoría de barrancos, mientras que en Carruaca abundan tanto Hydropsychidae como Glossosomatidae y Ecnomidae. En Carruaca, a diferencia del resto de barrancos, el plecóptero dominante es Nemouridae, de menor valor ecológico que Leuctridae. Chironomidae y Simuliidae son los dípteros dominantes en ambos barrancos, siendo este último de mayor valor. Además de Elmidae, Formiga 2019 presenta gran cantidad también de Hydraenidae. Por último, el efemeróptero dominante en ambos es Baetidae.

Balcez 2019, así como Formiga 2013, 2016, 2018 y 2021 presenta gran porcentaje de plecópteros (Leuctridae). Aunque hay Baetidae en todos, el efemeróptero dominante en Formiga 2021 es Caenidae y en Balcez, Ephemeridae. En Formiga 2016 y 2018, que tienen mayor porcentaje de dípteros, es Simuliidae (de mayor valor ecológico) el dominante.

En Formiga 2020, Gorgas Negras 2018, Peonera 2016 y Vero 2019, la presencia de dípteros es muy relevante, siendo en el Formiga 2020 dominante Simuliidae y en los demás Chironomidae. Vero y Gorgas Negras tienen bastantes plecópteros también, teniendo Capniidae además de Leuctridae ambos. En Formiga 2020 y Gorgas Negras el

efemeróptero dominante es Baetidae mientras que en Peonera abundan los Ephemerellidae. A diferencia de los otros dos, Peonera y Gorgas Negras presentan varias familias de tricópteros.

Mascún 2018 es diferente al resto debido a que tiene muchos menos dípteros que los demás y, además, presenta una cantidad muy elevada de efemerópteros, siendo Leptophlebiidae la familia dominante. Presenta muchos coleópteros también, estando presente Hydraenidae además de Elmidae como se ve en Formiga 2018, 2019 y 2020.

Impacto del barranquismo: afectación de la comunidad y los índices biológicos

La composición y abundancia de taxones en las muestras alteradas fueron muy diferentes a las de las muestras control. Como vemos en la figura 6, las muestras alteradas están mucho más agrupadas. Esto se debe a que el impacto al que se han visto afectados los barrancos ha alterado su composición disminuyendo la cantidad de individuos y sobre todo la de especies no dominantes que los diferenciaban. La composición de las muestras alteradas es en la mayoría de 30-60% dípteros, 30-40% efemerópteros y 10-25% plecópteros. La gran cantidad de efemerópteros se debe a que la familia más abundante de estos es Baetidae en la mayoría de los barrancos, una familia más tolerante a las alteraciones que otros efemerópteros (Hubbard y Peters, 1978). Así, puede afirmarse que, a pesar de partir de comunidades muy distintas, tras la perturbación producida por el barranquismo, diferentes barrancos convergen hacia una comunidad más simple, basada en la dominancia de Chironomidae, Baetidae y Leuctridae principalmente.

Son pocos los barrancos que, tras la perturbación, se han mantenido diferentes al resto. Se trata de los barrancos de la Peonera y de Formiga 2019 y 2021.

Formiga 2021 es el barranco en el que se observa más claro. Al contrario que con el resto de barrancos, la composición de la comunidad en las zonas alteradas difiere poco de la de la zona control, manteniendo los plecópteros como taxón dominante, y aunque el número total de individuos sí es considerablemente menor, se puede decir que el impacto no ha afectado a la estructura de la comunidad como en los otros casos. Esto se debe posiblemente, por una recuperación de la comunidad asociada a la escasa actividad que se produjo a lo largo del verano 2020, cuando la realización de actividades en grupo estaba muy controlada a casusa del COVID19.

La comunidad del barranco Peonera 2016 es la menos afectada por la actividad. La abundancia de individuos disminuye muy poco y su composición de familias es prácticamente la misma, cambiando, únicamente, de familia dominante dentro de cada taxón: Chironomidae por Simuliidae en los dípteros, y Ephemerellidae por Baetidae y

Heptageniidae en los efemerópteros; aunque de todas ya tenía presencia en las muestras control. A pesar de producirse esta sustitución de familias y de tener una comunidad distinta a los puntos control, el barranco sigue teniendo buen estado ecológico tras el impacto, diferenciándose del resto del grupo.

En las muestras alteradas los tricópteros prácticamente desaparecieron tras el impacto, y puesto que en Formiga 2019 fueron el taxón dominante en el control, la composición de sus muestras se vio altamente alterada. Sin embargo, a pesar de este gran impacto, se mantuvo diferente a las muestras alteradas de otros barrancos debido a que prácticamente no presentó dípteros y, por el contrario, tiene una cantidad de baetidae (efemerópteros) muy elevada.

Mascún 2018 al hacer el MNDS para solo las muestras alteradas (figura 4), dio la impresión de que sería un caso parecido a los anteriores, ya que se ve separado de otros barrancos. Sin embargo, en el caso del Mascún, a pesar de que la composición de sus familias no varía mucho y sigue teniendo en la alterada dominancia de efemerópteros, sí se da una pérdida de familias de menor presencia que le daban diferenciación, haciendo que se parezca más al resto de muestras alteradas que también conservan solo las familias más abundantes y resistentes.

Respecto a los índices biológicos, han sido 9 los que se han calculado y con los que se han comparado los distintos barrancos y visto su afectación. Ordenando los barrancos según el número de índices biológicos que superan la media para los barrancos estudiados vemos que el barranco de la Peonera tiene 9 de 9, indicando que, aunque no tenga el mayor valor para ninguno de los índices, es un barranco que presenta mejor valor para todos los índices que la media de los barrancos. Después le siguen con 7 el Mascún, fallando en riqueza y abundancia, y el Formiga 2019, cuyos valores para el IASPT y EPT/EPT+OCH no son muy altos. Formiga 2013 y Formiga 2021 tienen 6 índices por encima de la media. Gorgas Negras tiene 5, que son las referentes al valor ecológico y funcionales. Formiga 2018, Balcez y Carruaca tienen 3; Formiga 2016, 2; y Vero y Formiga 2020 tienen 0, presentando valores bajos para todos los índices.

La riqueza y la abundancia han dado valores mucho menores en las muestras alteradas que en las muestras control, habiendo disminuciones de hasta el 62% de las familias en el caso de la Carruaca y de hasta el 94% de individuos en el caso del Formiga 2016. El IBMWP también es menor en las alteradas, de hasta un 65% menos en Balcez y Carruaca. Debido a la disminución desproporcional de número de individuos y familias, los índices de Simpson y de Shannon disminuyen si la abundancia y la riqueza disminuyen, y sin embargo aumenta si la abundancia disminuye mucho más de lo que disminuye la

riqueza; esto ocurre en Formiga 2016, Formiga 2020 y Vero 2019, que al disminuir mucho más el número de individuos que el de familias, la dominancia disminuye y la diversidad por lo tanto aumenta en proporción. Es importante tener en cuenta estas alteraciones de los índices para evitar malinterpretar los resultados.

Como hemos visto en la composición bentónica de las muestras alteradas respecto a las muestras control, en muchos de los barrancos desaparecen las familias con menor presencia, y esto incluye a las familias de odonatos, coleópteros y heterópteros. Siendo que en las muestras control hay pocas familias OCH, una disminución de este número por pequeña que sea implica un cambio grande en proporción. Esto explica que, en la mayoría de los barrancos, tras la perturbación de la actividad, la proporción EPT/EPT+OCH aumente. Se trata de un índice que indica el avance del estiaje. Por lo que el hecho de tener una ratio mayor, se asocia a la presencia de comunidades de inicio de temporada, es decir, de menor madurez de lo esperado para esa época del año.

Los índices IBMWP calculados indican que solo tres barrancos presentan una calidad buena en sus puntos control: Formiga 2013, Formiga 2019, Formiga 2021 y Peonera 2016. En los puntos alterados no se encuentra ningún barranco de calidad buena, siendo todos moderados y deficientes. Formiga 2016, Formiga 2020 y Vero 2019 presentan una calidad deficiente en los puntos control y alterado.

En los barrancos en los que se ha realizado seguimiento de la temporada, para la mayoría de índices los test ANOVA realizados no salieron significativos. Esto se debe a que a que la diferencia entre el tratamiento (control y alterado) es mayor a la que puede suponer el transcurso de la temporada. Los cálculos que se han realizado suponen que la diferencia entre control inicial y control final debería ser igual a la diferencia entre alterado inicial y alterado final si no existiese un impacto humano, por lo que hacer la diferencia nos permite eliminar la alteración producida por el estiaje y otros fenómenos naturales y conocer el impacto producido por el transcurso de la temporada.

Vemos que en algunos casos como en Formiga 2019, en los controles se produce un aumento natural de la diversidad, que debería reflejarse también en los alterados y no sucede a causa del impacto humano. En otros casos como en Peonera y Mascún, en los controles se ve una ligera disminución natural de la calidad, y sin embargo en los alterados no se da esa disminución, sino que aumenta ligeramente; suponiendo al hacer la diferencia un aumento algo mayor respecto a lo esperado. En los casos de Formiga 2013 y Formiga 2016, en los controles se observa una disminución o aumento ligero de la calidad y, por el contrario, en los alterados existe una disminución palpable.

En las muestras del Formiga se aprecia que la actividad humana supone un impacto negativo obvio, mientras que en las muestras de la Peonera y el Mascún no.

Lo visto en la Peonera, coincide con las conclusiones del trabajo realizado por Pérez (2018), que achaca esto a las características morfológicas del cauce que, al ser más ancho, le permite absorber de manera más equilibrada el paso de barranquistas, y su anchura posibilita la existencia de zonas no impactadas próximas, que sirven de fuente de organismos colonizadores cerca de las zonas de perturbación.

El Formiga, sin embargo, tiene un cauce mucho más estrecho y un caudal limitado que no permite esta amortiguación del impacto.

El Mascún tiene un tamaño y caudal menor al de la Peonera, siendo afluente del mismo, y aunque puede alcanzar gran envergadura esporádicamente, es un río que presenta cambios constantes en su caudal. Según los datos analizados, este impacto debido al estiaje y otras causas naturales supone una alteración mayor que el producido por el barranquismo. Aun así, y debido a estos cambios habituales, no se puede afirmar que el barranquismo no suponga un impacto relevante en el barranco en el transcurso de la temporada como pasa en la Peonera.

Gimeno (2020), en su trabajo sobre el efecto del barranquismo en el río Mascún, utilizó un número mayor de muestras y determinó que el impacto del barranquismo en el Mascún, a pesar de ser menor que en el Formiga, se asemeja más a este que a lo observado en la Peonera. En una de las muestras que analizó, apreció el mismo aumento ligero de la calidad observado en este estudio, “este pequeño aumento sin ningún motivo aparente, podría deberse a la rápida recuperación de las comunidades de macroinvertebrados, tras cesar el impacto durante unos días en este lugar en concreto o a las características hidrogeomorfológicas del punto concreto” concluyó al respecto.

Aunque sí se ha podido agrupar los barrancos de acuerdo a la composición bentónica de sus comunidades, así como por su diversidad y valor ecológico, no es posible determinar un representante para cada grupo debido a que en cada barranco la respuesta al barranquismo es diferente. Esto quiere decir que hay más variables que influyen en el impacto aparte de las características de su comunidad.

Para poder seleccionar un representante para cada grupo se necesitaría conocer más datos como su geomorfología, hidrología o características ambientales. Sería necesario también hacer más muestreos para tener datos de otros años para los distintos barrancos y así, poder compararlos con los obtenidos para saber si también presentan grandes variaciones como las encontradas en el Formiga o si, por el contrario, siguen respondiendo de forma similar al impacto.

A pesar de todo, cuando se separan los controles y los alterados, se ve que las comunidades de los alterados de los diferentes barrancos y años se parecen más entre sí que los alterados a los propios controles de su mismo barranco y año. Eso quiere decir, que la presión de este factor control-alterado es más importante que la variabilidad ambiental que pueda haber a nivel espacial o temporal.

Conclusiones

La comunidad bentónica de Balcez 2019 se encontró similar a las de Formiga 2013, 2016 y 2021. Las comunidades de Gorgas Negras 2018 y Peonera 2016 también fueron similares entre sí, igual que las de Carruaca 2020 y Formiga 2019.

Los barrancos que presentaron mayor calidad fueron Formiga 2013, Formiga 2019, Formiga 2021 y Peonera 2016, mientras que Formiga 2016, Formiga 2020 y Vero 2019 fueron los de peor calidad.

Las muestras de distintos años del río Formiga fueron diferentes entre sí, así como el efecto del impacto en sus comunidades, indicando alta variabilidad.

El impacto del barranquismo en las zonas alteradas fue relevante, siendo muy pronunciado en los ríos Formiga, Carruaca y Balcez.

El impacto del barranquismo en la Peonera fue muy inferior al observado en otros barrancos.

Los puntos alterados se parecen más entre sí que a sus respectivos controles, indicando una pérdida de diversidad, que aproxima las comunidades.

El tiempo, el paso de la temporada, no fue un factor tan relevante como lo fue el tratamiento control-alterado.

Con los datos actuales no fue posible elegir un representante para cada grupo de barrancos ya que existen diferencias entre los mismos y su respuesta al impacto.

Bibliografía

Alba Tercedor, J., et al. (2002). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica*, 2002, vol. 21, num. 3-4, p. 175-185.

Baigorri Gareta, C., & López Flores, R. (2020). Impacto del Barranquismo en el río Formiga: evolución del Estado Ecológico y la Diversidad Funcional del 2013 al 2018 (Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara, Huesca).

Gimeno Lobera, M., & López Flores, R. (2020). Evaluación del efecto del barranquismo en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del río Mascún, perteneciente al Parque Natural de la Sierra y los Cañones de Guara.

Hardiman, N., & Burgin, S. (2011). Canyoning adventure recreation in the Blue Mountains World Heritage Area (Australia): The canyoning trends over the last decade. *Tourism Management*, 32(6), 1324-1331.

Hubbard, M. D., & Peters W. L. (1978). Environmental requirements and pollution tolerance of Ephemeroptera, Laboratory of aquatic entomology, Florida A&M University Tallahassee.

Ley 14/1990, de 27 de diciembre. Por la que se declara el Parque de la Sierra y Cañones de Guara. 8 de febrero de 1991. BOE núm. 34, páginas 4416 a 4424.

ONU: "Resolución A/RES/70/1 Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible", 25 de noviembre de 2015.

Pérez Pascual, M. L., & López Flores, R. (2018). Evaluación del impacto del barranquismo y la resiliencia de las comunidades acuáticas en un torrente del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara.

Real Decreto 1/2016, de 8 de enero. Por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro. 19 de enero de 2016. BOE núm. 16, páginas 2972 a 4301.

Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre. Por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. 12 de septiembre de 2015. BOE núm. 219, páginas 80582 a 80677.

Salamero, E. (2002). Barranquismo en Huesca: Sierras de piedra y agua. *Camping Mascún*.

Sasot Escorihuela, L., & López Flores, R. (2018). Efectos del barranquismo sobre las comunidades acuáticas y su capacidad de recuperación en el río Formiga en el Parque Natural de la Sirra y los Cañones de Guara, Huesca. Temporada 2016

Sierra Gros, J., & López Flores, R. (2013). Efecto del barranquismo sobre los macroinvertebrados acuáticos y su recuperación en el río Formiga (Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara, Huesca).

Anexos

Anexo 1. Media, mínimo y máximo de los diferentes índices biológicos determinados en los cañones de Guara.

	Barranco/año	X	Min	max
Riqueza (S)	Balcez 2019	12,00	5	19
	Carruaca 2020	13,00	8	16
	Formiga 2013	17,00	14	19
	Formiga 2016	8,67	4	12
	Formiga 2018	13,00	9	15
	Formiga 2019	22,33	21	24
	Formiga 2020	11,33	9	16
	Formiga 2021	17,67	13	21
	Gorgas Negras 2018	13,67	12	15
	Mascún 2018	13,33	9	18
	Peonera 2016	15,67	15	17
	Vero 2019	7,33	6	10
Abundancia	Balcez 2019	166,00	122	240
	Carruaca 2020	750,67	18	1250
	Formiga 2013	236,67	158	278
	Formiga 2016	320,00	55	511
	Formiga 2018	107,00	26	202
	Formiga 2019	644,00	402	1039
	Formiga 2020	125,33	45	167
	Formiga 2021	520,67	280	938

	Gorgas Negras 2018	188,00	141	237
	Mascún 2018	197,33	52	427
	Peonera 2016	311,67	292	346
	Vero 2019	69,00	21	159
Simpson 1-D	Balcez 2019	0,71	0,58	0,83
	Carruaca 2020	0,80	0,73	0,88
	Formiga 2013	0,75	0,68	0,80
	Formiga 2016	0,69	0,56	0,80
	Formiga 2018	0,74	0,63	0,80
	Formiga 2019	0,78	0,67	0,83
	Formiga 2020	0,65	0,50	0,75
	Formiga 2021	0,69	0,62	0,80
	Gorgas Negras 2018	0,69	0,63	0,74
	Mascún 2018	0,80	0,78	0,83
	Peonera 2016	0,73	0,70	0,76
	Vero 2019	0,57	0,46	0,65
Shannon (H')	Balcez 2019	1,67	1,04	2,20
	Carruaca 2020	1,87	1,63	2,10
	Formiga 2013	2,01	1,86	2,12
	Formiga 2016	1,49	1,07	1,76
	Formiga 2018	1,84	1,71	1,91
	Formiga 2019	1,92	1,52	2,15
	Formiga 2020	1,51	1,34	1,64

	Formiga 2021	1,67	1,40	2,00
	Gorgas Negras 2018	1,68	1,58	1,77
	Mascún 2018	1,92	1,91	1,93
	Peonera 2016	1,76	1,60	1,90
	Vero 2019	1,27	1,15	1,35
Margalef	Balcez 2019	2,12	0,83	3,28
	Carruaca 2020	2,19	2,03	2,42
	Formiga 2013	2,93	2,57	3,21
	Formiga 2016	1,34	0,75	1,76
	Formiga 2018	2,73	2,46	3,09
	Formiga 2019	3,35	3,31	3,39
	Formiga 2020	2,20	1,57	2,93
	Formiga 2021	2,73	2,13	3,42
	Gorgas Negras 2018	2,42	2,22	2,56
	Mascún 2018	2,46	2,03	2,81
	Peonera 2016	2,56	2,40	2,81
	Vero 2019	1,65	1,52	1,78
IBMWP	Balcez 2019	75,67	29	117
	Carruaca 2020	68,67	45	88
	Formiga 2013	95,33	81	105
	Formiga 2016	49,33	29	63
	Formiga 2018	73,00	46	93
	Formiga 2019	119,67	117	125

	Formiga 2020	54,33	40	80
	Formiga 2021	98,33	79	120
	Gorgas Negras 2018	88,00	77	95
	Mascún 2018	86,00	54	113
	Peonera 2016	98,00	91	108
	Vero 2019	41,00	31	56
IASPT	Balcez 2019	6,24	5,80	6,75
	Carruaca 2020	5,33	4,87	5,63
	Formiga 2013	5,62	5,53	5,79
	Formiga 2016	6,03	5,25	7,25
	Formiga 2018	5,55	5,11	6,20
	Formiga 2019	5,37	5,21	5,57
	Formiga 2020	4,74	4,44	5,00
	Formiga 2021	5,61	5,05	6,08
	Gorgas Negras 2018	6,44	6,33	6,57
	Mascún 2018	6,43	6,00	7,00
	Peonera 2016	6,25	6,07	6,35
	Vero 2019	5,59	5,17	6,00
EPT	Balcez 2019	6,00	3	9
	Carruaca 2020	5,00	4	7
	Formiga 2013	6,67	6	7
	Formiga 2016	3,00	2	4
	Formiga 2018	5,00	3	7

	Formiga 2019	8,33	8	9
	Formiga 2020	2,67	2	3
	Formiga 2021	8,67	8	10
	Gorgas Negras 2018	8,00	6	9
	Mascún 2018	8,33	6	10
	Peonera 2016	7,33	6	8
	Vero 2019	2,33	2	3
EPT/EPT+OCH	Balcez 2019	0,70	0,60	0,75
	Carruaca 2020	0,58	0,44	0,67
	Formiga 2013	0,66	0,58	0,75
	Formiga 2016	0,58	0,50	0,67
	Formiga 2018	0,65	0,56	0,75
	Formiga 2019	0,57	0,53	0,62
	Formiga 2020	0,39	0,29	0,50
	Formiga 2021	0,73	0,59	0,89
	Gorgas Negras 2018	0,89	0,86	0,90
	Mascún 2018	0,78	0,67	0,86
	Peonera 2016	0,76	0,73	0,80
	Vero 2019	0,64	0,60	0,67

Anexo 2. Media, mínimo y máximo de los diferentes índices biológicos determinados en los barrancos de Guara en los que se ha realizado seguimiento de la temporada.

	Barranco/año	Muestra	X	Min	max
Riqueza (S)	Formiga 2013	Ctrl Antes	19,33	18	21

	Ctrl Después	17,00	14	19
	Alt Antes	21,67	19	24
	Alt Después	9,67	8	12
Formiga 2016	Ctrl Antes	6,67	4	10
	Ctrl Después	8,67	4	12
	Alt Antes	12,00	10	15
	Alt Después	5,67	4	8
Formiga 2018	Ctrl Antes	9,33	5	14
	Ctrl Después	13,00	9	15
	Alt Antes	7,00	5	8
	Alt Después	11,00	8	15
Formiga 2019	Ctrl Antes	12,00	8	14
	Ctrl Después	22,33	21	24
	Alt Antes	9,67	6	14
	Alt Después	10,67	9	13
Mascún 2018	Ctrl Antes	14,67	14	16
	Ctrl Después	13,33	9	18
	Alt Antes	9,67	9	11
	Alt Después	9,67	9	10
Peonera 2016	Ctrl Antes	17,67	12	21
	Ctrl Después	15,67	15	17
	Alt Antes	13,67	11	17
	Alt Después	14,67	13	17

Abundancia	Formiga 2013	Ctrl Antes	307,33	258	402
		Ctrl Después	236,67	158	278
		Alt Antes	419,00	380	468
		Alt Después	104,67	52	182
	Formiga 2016	Ctrl Antes	92,67	32	178
		Ctrl Después	320,00	55	511
		Alt Antes	196,33	42	333
		Alt Después	20,33	12	26
	Formiga 2018	Ctrl Antes	62,67	37	80
		Ctrl Después	107,00	26	202
		Alt Antes	22,67	21	26
		Alt Después	79,33	33	150
	Formiga 2019	Ctrl Antes	285,33	112	383
		Ctrl Después	644,00	402	1039
		Alt Antes	245,33	70	482
		Alt Después	303,00	110	478
	Mascún 2018	Ctrl Antes	180,33	94	276
		Ctrl Después	197,33	52	427
		Alt Antes	81,67	60	123
		Alt Después	99,00	69	122
	Peonera 2016	Ctrl Antes	212,00	171	244
		Ctrl Después	311,67	292	346
		Alt Antes	224,67	122	317

		Alt Después	278,00	193	399
Simpson 1-D	Formiga 2013	Ctrl Antes	0,77	0,72	0,82
		Ctrl Después	0,75	0,68	0,80
		Alt Antes	0,68	0,60	0,77
		Alt Después	0,80	0,77	0,85
	Formiga 2016	Ctrl Antes	0,61	0,53	0,71
		Ctrl Después	0,69	0,56	0,80
		Alt Antes	0,69	0,59	0,75
		Alt Después	0,81	0,75	0,85
	Formiga 2018	Ctrl Antes	0,42	0,21	0,71
		Ctrl Después	0,74	0,63	0,80
		Alt Antes	0,81	0,78	0,82
		Alt Después	0,74	0,69	0,78
	Formiga 2019	Ctrl Antes	0,54	0,51	0,55
		Ctrl Después	0,78	0,67	0,83
		Alt Antes	0,57	0,42	0,69
		Alt Después	0,46	0,26	0,75
	Mascún 2018	Ctrl Antes	0,75	0,63	0,82
		Ctrl Después	0,80	0,78	0,83
		Alt Antes	0,67	0,56	0,76
		Alt Después	0,76	0,71	0,78
Peonera 2016	Ctrl Antes	0,82	0,80	0,83	
	Ctrl Después	0,73	0,70	0,76	

		Alt Antes	0,77	0,76	0,79
		Alt Después	0,78	0,73	0,83
Shannon (H')	Formiga 2013	Ctrl Antes	2,02	1,87	2,26
		Ctrl Después	2,01	1,86	2,12
		Alt Antes	1,68	1,53	1,96
		Alt Después	1,87	1,81	1,97
	Formiga 2016	Ctrl Antes	1,29	1,00	1,45
		Ctrl Después	1,49	1,07	1,76
		Alt Antes	1,60	1,53	1,69
		Alt Después	1,68	1,38	1,99
	Formiga 2018	Ctrl Antes	1,06	0,55	1,73
		Ctrl Después	1,84	1,71	1,91
		Alt Antes	1,79	1,54	1,92
		Alt Después	1,76	1,58	1,93
	Formiga 2019	Ctrl Antes	1,05	1,00	1,13
		Ctrl Después	1,92	1,52	2,15
		Alt Antes	1,20	0,92	1,36
		Alt Después	1,09	0,65	1,66
	Mascún 2018	Ctrl Antes	1,89	1,60	2,15
		Ctrl Después	1,92	1,91	1,93
		Alt Antes	1,51	1,32	1,75
		Alt Después	1,71	1,61	1,80
Peonera 2016	Ctrl Antes	2,05	1,84	2,15	

		Ctrl Después	1,76	1,60	1,90
		Alt Antes	1,83	1,78	1,89
		Alt Después	1,82	1,68	2,06
Margalef	Formiga 2013	Ctrl Antes	3,22	3,00	3,59
		Ctrl Después	2,93	2,57	3,21
		Alt Antes	3,43	2,93	3,87
		Alt Después	1,90	1,77	2,11
	Formiga 2016	Ctrl Antes	1,30	0,71	1,74
		Ctrl Después	1,34	0,75	1,76
		Alt Antes	2,25	1,72	2,61
		Alt Después	1,57	0,96	2,15
	Formiga 2018	Ctrl Antes	2,00	1,11	3,05
		Ctrl Después	2,73	2,46	3,09
		Alt Antes	1,94	1,23	2,30
		Alt Después	2,35	2,00	2,79
	Formiga 2019	Ctrl Antes	1,96	1,48	2,21
		Ctrl Después	3,35	3,31	3,39
		Alt Antes	1,65	0,96	2,10
		Alt Después	1,75	1,46	2,08
	Mascún 2018	Ctrl Antes	2,71	2,31	3,30
		Ctrl Después	2,46	2,03	2,81
		Alt Antes	1,99	1,94	2,08
		Alt Después	1,91	1,67	2,13

	Peonera 2016	Ctrl Antes	3,10	2,14	3,64
		Ctrl Después	1,65	1,52	1,78
		Alt Antes	2,35	2,08	2,78
		Alt Después	2,47	2,17	3,04
IBMWP	Formiga 2013	Ctrl Antes	104,67	94	115
		Ctrl Después	95,33	81	105
		Alt Antes	116,33	109	123
		Alt Después	49,67	45	58
	Formiga 2016	Ctrl Antes	40,33	21	61
		Ctrl Después	49,33	29	63
		Alt Antes	65,67	53	77
		Alt Después	35,33	27	50
	Formiga 2018	Ctrl Antes	54,67	28	77
		Ctrl Después	73,00	46	93
		Alt Antes	35,33	24	41
		Alt Después	56,67	42	80
	Formiga 2019	Ctrl Antes	66,33	44	81
		Ctrl Después	119,67	117	125
		Alt Antes	49,33	34	71
		Alt Después	61,67	50	80
	Mascún 2018	Ctrl Antes	93,67	88	102
		Ctrl Después	86,00	54	113
		Alt Antes	56	49	64

		Alt Después	65,67	61	73
	Peonera 2016	Ctrl Antes	101	70	121
		Ctrl Después	98,00	91	108
		Alt Antes	75,67	60	94
		Alt Después	91,67	76	110
IASPT	Formiga 2013	Ctrl Antes	5,42	4,95	5,83
		Ctrl Después	5,62	5,53	5,79
		Alt Antes	5,39	5,13	5,74
		Alt Después	5,19	4,83	5,75
	Formiga 2016	Ctrl Antes	5,95	5,25	6,50
		Ctrl Después	6,03	5,25	7,25
		Alt Antes	5,51	5,13	6,09
		Alt Después	6,27	5,80	6,75
	Formiga 2018	Ctrl Antes	5,89	5,50	6,56
		Ctrl Después	5,55	5,11	6,20
		Alt Antes	5,02	4,80	5,13
		Alt Después	5,13	4,80	5,33
	Formiga 2019	Ctrl Antes	5,52	5,29	5,79
		Ctrl Después	5,37	5,21	5,57
		Alt Antes	5,17	4,78	5,67
		Alt Después	5,74	5,50	6,15
	Mascún 2018	Ctrl Antes	6,39	6,29	6,50
		Ctrl Después	6,43	6,00	7,00

		Alt Antes	5,79	5,44	6,11
		Alt Después	6,79	6,30	7,30
	Peonera 2016	Ctrl Antes	5,73	5,60	5,83
		Ctrl Después	6,25	6,07	6,35
		Alt Antes	5,53	5,45	5,62
		Alt Después	6,22	5,85	6,47
EPT	Formiga 2013	Ctrl Antes	7,33	7	8
		Ctrl Después	6,67	6	7
		Alt Antes	7,33	6	8
		Alt Después	2,33	2	3
	Formiga 2016	Ctrl Antes	2,67	2	4
		Ctrl Después	3,00	2	4
		Alt Antes	4,00	3	5
		Alt Después	0,67	0	1
	Formiga 2018	Ctrl Antes	3,67	1	6
		Ctrl Después	5,00	3	7
		Alt Antes	2,33	1	3
		Alt Después	5,00	3	6
	Formiga 2019	Ctrl Antes	5,67	4	8
		Ctrl Después	8,33	8	9
		Alt Antes	4,00	3	5
		Alt Después	5	4	6
	Mascún 2018	Ctrl Antes	9	8	10

		Ctrl Después	8,33	6	10
		Alt Antes	5,67	5	6
		Alt Después	7,00	6	8
	Peonera 2016	Ctrl Antes	7,67	6	9
		Ctrl Después	7,33	6	8
		Alt Antes	6,00	3	9
		Alt Después	8,33	7	9
EPT/EPT+OCH	Formiga 2013	Ctrl Antes	0,67	0,64	0,70
		Ctrl Después	0,66	0,58	0,75
		Alt Antes	0,61	0,55	0,67
		Alt Después	0,61	0,50	0,67
	Formiga 2016	Ctrl Antes	0,61	0,50	0,67
		Ctrl Después	0,58	0,50	0,67
		Alt Antes	0,55	0,43	0,71
		Alt Después	0,25	0,00	0,50
	Formiga 2018	Ctrl Antes	0,51	0,25	0,67
		Ctrl Después	0,65	0,56	0,75
		Alt Antes	0,73	0,60	1,00
		Alt Después	0,92	0,75	1,00
	Formiga 2019	Ctrl Antes	0,67	0,56	0,80
		Ctrl Después	0,57	0,53	0,62
		Alt Antes	0,79	0,63	1,00
		Alt Después	0,84	0,67	1,00

	Mascún 2018	Ctrl Antes	0,87	0,80	0,91
		Ctrl Después	0,78	0,67	0,86
		Alt Antes	0,74	0,71	0,75
		Alt Después	0,88	0,75	1,00
	Peonera 2016	Ctrl Antes	0,66	0,62	0,69
		Ctrl Después	0,76	0,73	0,80
		Alt Antes	0,64	0,50	0,75
		Alt Después	0,81	0,75	0,90