

Capítulo 11: **Conclusiones.**



## 11. CONCLUSIONES



## Capítulo 11: Conclusiones.

### 11.1. Conclusiones acerca de la calidad de las aguas.

#### 11.1.1. Conclusiones acerca de la calidad físico-química de las aguas.

1. Los valores de los distintos parámetros físico-químicos estuvieron dentro de lo esperable para ambientes fluviales que discurren por sustratos calcáreos en las localidades de muestreo situadas en el tramo alto (Punto 1 al Punto 4). Sin embargo, la calidad del agua empeora notablemente hacia el tramo bajo del río (Puntos 5 y 6).
2. Todos los parámetros físico-químicos estudiados ponen en evidencia la fuerte contaminación que sufre el Río Pereilas en el Punto 5 (Tabla 11.1.). Esta contaminación es fruto, principalmente, del vertido de aguas residuales del municipio de Coín que se produce en el Río Bajo (tributario del Pereilas) y que deteriora notablemente la calidad del agua. No se descartan otras fuentes de contaminación de origen difuso (lixiviados de nutrientes de la actividad agrícola, vertidos puntuales de viviendas particulares, vertidos provenientes de actividad industrial y/o ganadera, ...) que puedan contribuir al deterioro de la calidad del agua.

Tabla 11.1. Valores medios anuales de los parámetros físico-químicos.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS						
Valores medios anuales						
Ensayos	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6
pH	8,48	9,25	9,45	9,58	9,33	9,73
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	390,75	565,5	491,25	501	<b>918</b>	670,75
Temperatura ( $^{\circ}$ C)	14,18	15,73	17,48	18,45	17,45	19,48
Sólidos Disueltos (ppm)	176,75	283	242	250,25	<b>474,75</b>	356
Turbidez (NTU)	3,65	4,85	7,79	9,29	<b>39,04</b>	7,83
Cloruros (mg/l)	28	30	31,25	31,25	58,75	48,75
Nitratos (mg/l)	12,50	21,04	17,25	14,71	20,04	10,81
Nitritos (mg/l)	0,01	0,07	0,00	0,00	0,07	0,01
Amonio (mg/l)	0,15	0,33	0,18	0,06	<b>12,87</b>	0,43
Fosfatos (mg/l)	1,69	0,47	1,40	0,43	3,66	3,44
Alcalinidad (mmol/l)	4,00	5,23	5,38	4,80	6,60	5,65
Dureza ( $^{\circ}$ d)	9,58	14,94	15,70	14,56	21,13	17,63
Velocidad (m/s)	0.29	0.22	0.32	0.58	0.37	0.5
Oxígeno (mg/l)-(%)	9.27 – 89.9	9.58 – 97.2	8.89 – 95.2	9.5 – 96.2	8.12 – 86.2	11.82 - 128

## Capítulo 11: **Conclusiones.**



3. En todos los parámetros físico-químicos se evidencia una clara anomalía en el patrón general que describen a lo largo del año en el Punto 5. Esta anomalía se extiende incluso al tramo final del río, antes de la confluencia con el Guadalhorce en el Punto 6, aunque en este tramo comienza a detectarse una cierta recuperación de la calidad del agua, consecuencia de los procesos de depuración natural y dilución (el Punto 6 es que presenta un mayor caudal, ver Anexo I) .
4. Un análisis multivariante (PCA) aplicado al conjunto de datos físico-químicos permitió extraer tres gradientes principales de variación (espacial y temporal) de las características físico-químicas del agua. Este análisis, muy robusto desde un punto de vista estadístico, permite concluir que el Punto 5 sufre los niveles más altos de contaminación de todos los puntos estudiados. En esta localidad de muestreo se observan, en conjunto, los valores más elevados de dureza, conductividad, sólidos disueltos, alcalinidad, cloruros, nitritos y turbidez del agua, así como de amonio, fosfatos y nitratos.
5. Este análisis multivariante mostró que, en el conjunto de localidades de muestreo, la dureza, conductividad, sólidos disueltos y alcalinidad, principalmente, se mantuvieron relativamente estables a lo largo del año. Los valores de pH y temperatura aumentan hacia la primavera, a la vez que las concentraciones de fosfatos, nitratos y amonio disminuyen. Por otra parte, los nitritos y la turbidez del agua alcanzan los valores más elevados hacia el invierno, manteniendo el resto del año valores bastante constantes.

## Capítulo 11: Conclusiones.

### 11.1.2. Conclusiones acerca de la calidad biológica de las aguas (IBMWP).

6. Los valores del índice IBMWP muestran una elevada calidad biológica de las aguas del río Grande, principalmente en las localidades de muestreo situadas en el tramo alto (Punto1-Punto 4). La calidad biológica disminuye hacia los tramos bajos. Existe, por tanto, un claro paralelismo entre los valores del índice IBMWP y la calidad físico-química de las aguas.
7. La fuerte contaminación existente en el Pereilas (debida principalmente a las aguas residuales que recibe su tributario, el Río Bajo) hace disminuir drásticamente los valores del índice IBMWP (en el Punto 5). En este caso la comunidad de macroinvertebrados se simplifica y queda compuesta por taxones generalistas, poco exigentes con las condiciones del medio y resistentes a la contaminación. Estos taxones presentan puntuaciones bajas en el índice, por tanto el valor del mismo disminuye. En el Punto 6 se observa una sensible recuperación de la calidad. La depuración de las aguas del Pereilas es crucial para la mejora de este ecosistema fluvial, dado el elevado potencial de recuperación natural del río.

Tabla 11.2. Valores medios anuales del índice IBMWP en cada punto de muestreo.

Tramo muestreo	IBMWP-medio	IBMWP-color	Calidad
1	202	AZUL	Muy bueno
2	170	AZUL	Muy bueno
3	170	AZUL	Muy bueno
4	150	AZUL	Muy bueno
5	18	ROJO / NARANJA	Malo / Deficiente
6	72	VERDE	Bueno

8. Las localidades que presentaron los valores más elevados del IBMWP (Puntos del 1 al 4) muestran una notable variación del índice a lo largo del año. Esta oscilación de los valores es natural y fruto de los cambios que se producen en las condiciones ambientales a lo largo del año. Este patrón, sin embargo, no se cumple en las localidades con peor calidad (Puntos 5 y 6), puesto que la calidad físico-química del agua es tan mala que no permite los cambios naturales que deberían producirse en la comunidad de macroinvertebrados y que se reflejarían en los valores del índice.
9. A través de un Modelo Lineal Generalizado (GLM, en inglés) se estudió la relación existente entre la calidad biológica (IBMWP) y la calidad físico-química del agua.

Capítulo 11: **Conclusiones.**



Este análisis puso de manifiesto la fuerte influencia de la calidad físico-química del agua en la calidad biológica: los valores del índice IBMWP disminuyen a medida que aumentan los valores de conductividad, sólidos disueltos, alcalinidad, cloruros, amonio, nitritos y turbidez del agua, entre otros parámetros (Figura 11.1.).

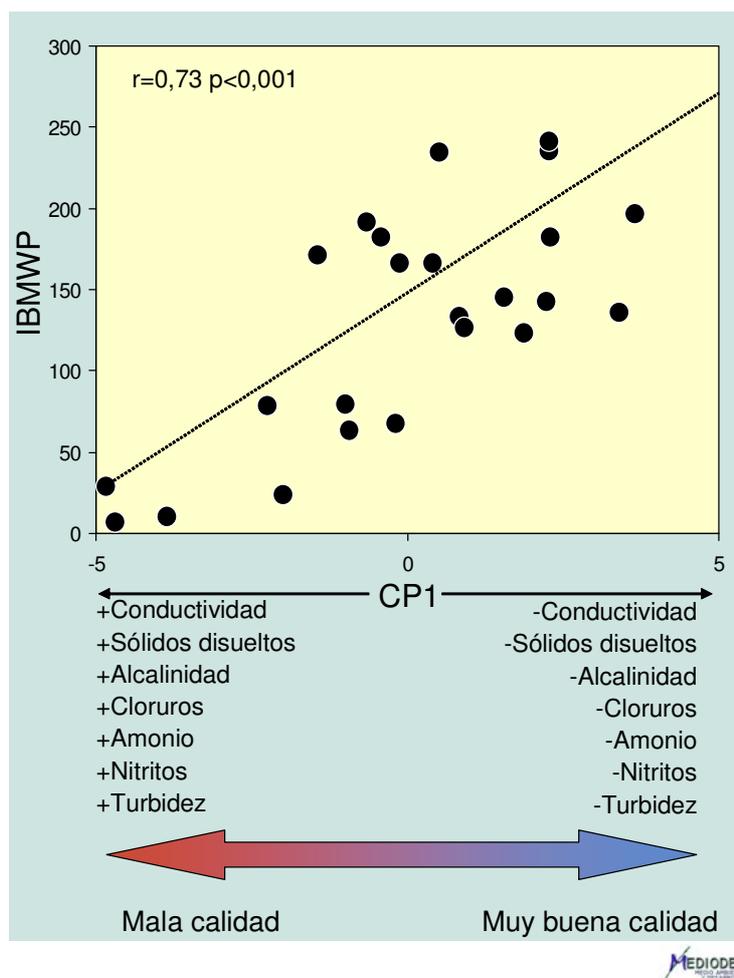


Figura 11.1. Correlación (Pearson) entre el índice IBMWP y el gradiente físico-químico representado por CP1, previamente definido a partir de un PCA aplicado a una matriz de 12 variables físico-químicas. La interpretación del gradiente se indica bajo las flechas.

10. Se realizó una comparación entre la calidad biológica de Río Grande y la de otros ríos andaluces (Hozgarganta, Yeguas, Guadalfeo, Adra, Guadiaro, Guadimar y ríos de Sierra Nevada). Los valores máximos del IBMWP obtenidos en el río Grande son comparables a los encontrados en el río Hozgarganta y en varios ríos de alta

**Capítulo 11: Conclusiones.**



montaña en Sierra Nevada. En todos estos casos hablamos de valores por encima de los 200 puntos, fruto de una altísima calidad y biodiversidad.

## Capítulo 11: Conclusiones.

### 11.2. Conclusiones acerca de los valores de biodiversidad de Río Grande.

11. Los resultados de los muestreos reflejan la existencia de una amplia representatividad de familias de insectos acuáticos. En total se recolectaron 69 familias pertenecientes a siete órdenes: Plecópteros, Efemerópteros, Tricópteros, Odonatos, Coleópteros, Heterópteros y Dípteros.
12. Se hallan representadas en río Grande, según los resultados del presente estudio, el 73% de las familias de insectos acuáticos presentes en toda la península ibérica FERRERAS-ROMERO et al. (1998) (Tabla 11.3.). Además, están representadas todas las familias de odonatos citadas en la península ibérica (9 familias, 100% de representatividad), y 11 de las 13 familias de coleópteros presentes en la península ibérica (85% de representatividad).

Tabla 11.3. Comparación de la riqueza a nivel de familia detectada en cada tramo de muestreo y en total en el estudio. Se refleja también la representatividad respecto a la comunidad de Andalucía y a la península ibérica de cada orden de insecto según los resultados globales del estudio (incluyendo los 6 tramos estudiados). Se establece el porcentaje de representatividad de cada tramo respecto al total de río Grande alcanzado para el presente estudio.

Órdenes	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	TOTAL R. Grande	TOTAL P.I.	TOTAL ANDAL.
<b>ODONATOS</b>	4	6	5	4	0	5	<b>9</b>	9 (100%)	9 (100%)
<b>EFEMERÓPTEROS</b>	4	4	5	7	2	4	<b>7</b>	11 (64%)	10 (70%)
<b>PLECOPTEROS</b>	4	2	1	1	0	0	<b>5</b>	7 (71%)	7 (71%)
<b>TRICOPTEROS</b>	14	9	10	8	1	2	<b>15</b>	20 (75%)	16 (94%)
<b>COLEÓPTEROS</b>	8	9	8	7	0	4	<b>11</b>	13 (85%)	13 (85%)
<b>DIPTEROS</b>	11	11	11	11	3	9	<b>15</b>	21 (72%)	-
<b>HETEROPTEROS</b>	6	3	6	5	0	4	<b>8</b>	11 (73%)	11 (73%)
<b>NEURÓPTEROS</b>	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	2 (0%)	2 (0%)
<b>MEGALÓPTEROS</b>	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	1 (0%)	1 (0%)
<b>Nº TOTAL-FAM.</b>	<b>51</b>	<b>44</b>	<b>46</b>	<b>43</b>	<b>6</b>	<b>28</b>	<b>69</b>	95 (73%)	-
<b>% RESPECTO AL TOTAL DE R. GRANDE</b>	74%	64%	67%	63%	9%	41%			

## Capítulo 11: Conclusiones.



13. Al comparar los porcentajes de representatividad de los grupos taxonómicos de insectos acuáticos del presente trabajo con los obtenidos en la cuenca del río Hozgarganta, uno de los ríos mejor conservados de Iberia y con mayores valores de riqueza de Andalucía (FERRERAS-ROMERO et al., 1998; HERRERA-GRAO y FERRERAS-ROMERO, 2000), se comprueba que en río Grande se superan dichos niveles de representatividad en relación a la riqueza total ibérica y andaluza respecto a Efemerópteros, Tricópteros y Dípteros, se igualan respecto a Odonatos, Coleópteros y Heterópteros, y son algo menor en Plecópteros.
14. Entre los grupos faunísticos que habitan en Río Grande cabe resaltar el de los Odonatos (libélulas y caballitos del diablo). En la zona de estudio se han detectado hasta la fecha un total de 21 especies de Odonatos, destacando el cordúlido *Oxygastra curtisii*, especie catalogada como En Peligro de Extinción en el Libro Rojo de los invertebrados de Andalucía. Se ha constatado, no sólo la presencia de adultos, sino también quedó demostrado, al capturarse una larva de esta escasa libélula, que la especie utiliza el cauce del río Grande como zona de reproducción. Este hecho le otorga al río Grande un valor especial, ya que supone una de las pocas zonas de Andalucía donde se reproduce esta especie de libélula. Otros odonatos destacables son *Zygonyx torrida*, especie catalogada como Vulnerable (Libro Rojo de los invertebrados de Andalucía), *Sympetrum sinaiticum* e *Ischnura elegans*, especies con muy pocas citas para la Península Ibérica. Además, existen evidencias de la presencia en Río Grande de *Trithemis kirbyi*, especie originaria de la India que ocupa también Marruecos y Argelia, y que ha sido recientemente citada en la Península Ibérica.
15. En total se identificaron 18 taxones de invertebrados acuáticos no insectos. Estos taxones se incluyen dentro de 6 órdenes; Moluscos, Oligoquetos, Tricládidos, Crustáceos, Hidracáridos y Hirudíneos.
16. Al comparar la riqueza de moluscos y crustáceos encontrados en Río Grande con los resultados obtenidos para la cuenca del río Hozgarganta (FERRERAS-ROMERO et al., 1998; HERRERA-GRAO y FERRERAS-ROMERO, 2000), se observa que la riqueza entre ambos ríos es muy similar para ambos grupos taxonómicos.

## Capítulo 11: **Conclusiones.**



17. La biodiversidad acuática de Río Grande es muy importante, sobre todo en el tramo alto del río, otorgando al mismo una elevada capacidad de recuperación natural. La depuración de las aguas del Río Pereilas, junto con el control de vertidos puntuales y la restauración ambiental del hábitat con técnicas blandas de bioingeniería, permitiría, con toda probabilidad, la recuperación exitosa de este valioso ecosistema fluvial.
  
18. Falta por conocer el estado de conservación de otras comunidades íntimamente ligadas al medio acuático como peces y nutrias, elementos clave de la biocenosis acuática. El estudio y caracterización de las comunidades de peces, junto con un estudio detallado de la ecología de la nutria, proporcionaría una visión más completa del estado de conservación del ecosistema fluvial de Río Grande y permitiría, por tanto, un diseño adecuado y preciso de posibles medidas de recuperación.

### 11.3. Conclusiones acerca de la calidad del hábitat fluvial (IHF).

19. Los Puntos 1 y 2 son los que presentan mayores valores del índice empleado para valorar la calidad del hábitat fluvial (IHF), estando incluidos dentro de la categoría de buena calidad. El resto de localidades de muestreo se incluyen dentro de las categorías de aceptable (Puntos 3 y 4), mala calidad (Punto 5) y pésima calidad (Punto 6). Al igual que para la calidad físico-química y biológica, la calidad del hábitat fluvial disminuye en sentido tramo alto-tramo bajo (Figura 11.2.). Esto se debe a que los distintos factores de perturbación que actúan sobre los diferentes (pero relacionados) aspectos de la calidad fluvial (calidad físico-química, biológica y del hábitat) tienden a aumentar su intensidad hacia los tramos bajos de los ríos.
20. Existe una tendencia al aumento de los valores del IBMWP (valores medios) a medida que lo hacen los valores del IHF. Aunque esta relación no es estadísticamente significativa (debido al bajo número de casos, n=6 localidades), sin embargo, aporta una idea clara de la importancia de la heterogeneidad del hábitat fluvial a la hora de albergar una comunidad de macroinvertebrados diversa y, por tanto, unos valores altos del IBMWP.

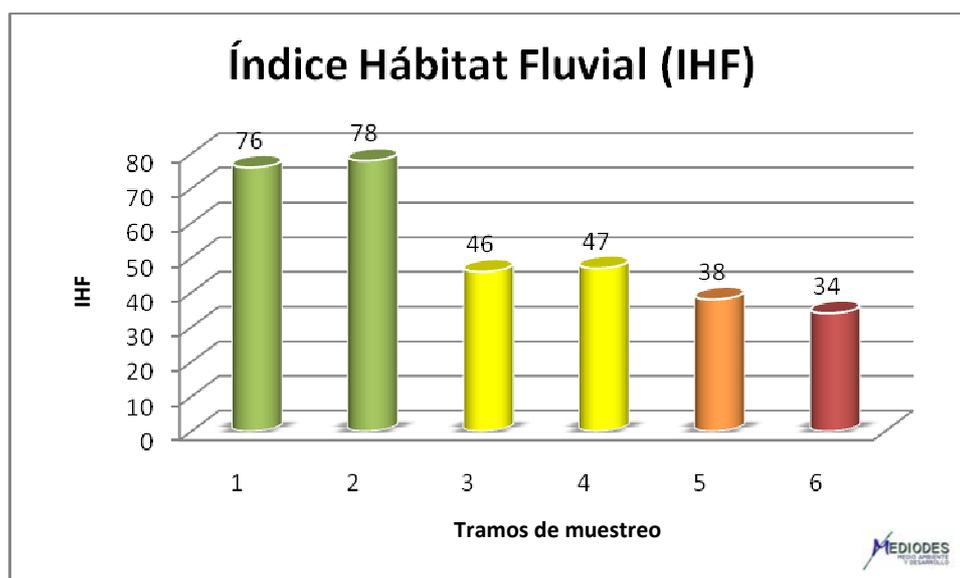


Figura 11.2. Valores del índice IHF en las 6 localidades de muestreo. El color verde indica buena calidad, el amarillo calidad aceptable, el naranja mala calidad y el rojo calidad pésima.

### 11.4. Conclusiones acerca de la calidad de las riberas (QBR).

21. El Punto 1 es el que presenta mayores valores del índice empleado para evaluar la calidad de las riberas (QBR), estando incluido dentro de la categoría de buena calidad. El resto de localidades de muestreo se incluyen dentro de las categorías de mala calidad (Punto 2) y calidad pésima (Puntos 3, 4, 5 y 6) (Figura 11.3.).
22. El mal estado de conservación de las riberas es, en gran medida, resultado de la actividad agrícola de la zona. Los campos de cultivo están muy próximos al cauce, incluidos dentro de la franja potencialmente ocupable por la vegetación de riberas, y, por tanto, impactando fuertemente sobre las mismas. La construcción de motas para la defensa frente a inundaciones es otro aspecto impactante, junto con la introducción de especies vegetales alóctonas (*Eucaliptus* spp.) y la ocupación de las riberas por viviendas e infraestructuras (viales, puentes, tendidos eléctricos, etc).
23. Existe una tendencia al aumento de la calidad ecológica de las aguas (medida a partir de los valores medios del IBMWP) a medida que se alcanzan mayores valores del QBR.

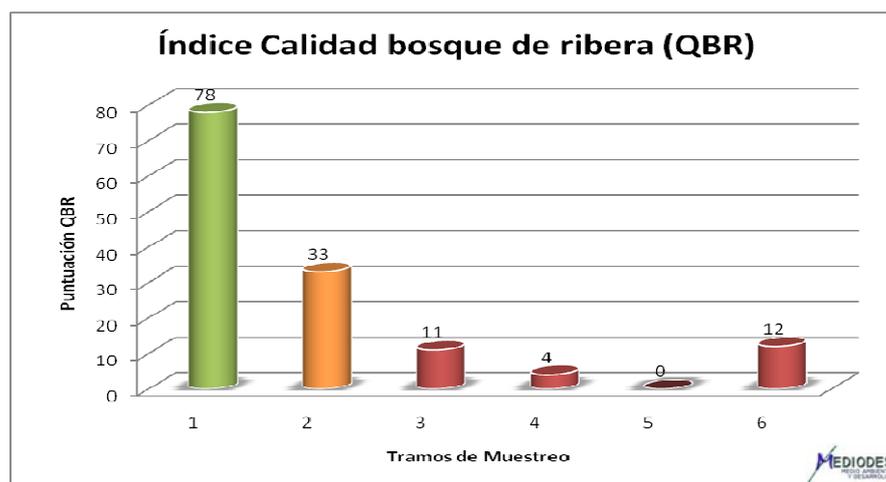


Figura 11.3. Valores del índice QBR en las 6 localidades de muestreo. El color verde indica buena calidad, el naranja mala calidad y el rojo calidad pésima.

## Capítulo 11: Conclusiones.

### 11.5. Conclusiones acerca del estado ecológico general del río (ECOSTRIMED).

24. Para este índice, ECOSTRIMED, que engloba los resultados del IBMWP y el QBR y se utiliza para obtener una valoración general del estado ecológico del río, tan sólo el Punto 1 está incluido dentro de la categoría de “muy buena calidad” (Tabla 11.4.). En la categoría “regular” se incluyen los Puntos 2, 3 y 4. El Punto 5 presenta un estado ecológico “pésimo” y el Punto 6 se incluye dentro de la categoría de “mala calidad”.
25. El estado ecológico del Río Grande va disminuyendo en calidad en sentido tramo alto-tramo bajo (desde el Punto 1 a los Puntos 5 y 6).
26. El estado ecológico relativamente bajo del Río Grande, medido a partir del índice ECOSTRIMED, es debido en gran parte a la baja calidad de la vegetación de las riberas.

Tabla 11.4. Categorías de estado ecológico en función de la combinación de los valores de los índices IBMWP (valores medios anuales) y QBR.

Tramo muestreo	IBMWP-medio	QBR	ECOSTRIMED
1	202	78	Muy bueno
2	170	33	Regular
3	170	11	Regular
4	150	4	Regular
5	18	0	Pésimo
6	72	12	Malo



## 11.6. Conclusiones acerca de los valores histórico-etnográficos.

27. Río Grande posee un patrimonio cultural de gran riqueza y singularidad. Las primeras manifestaciones, relativas a actividad y asentamientos humanos, datan de la época prehistórica, en concreto del Paleolítico Inferior. Se trata de tres yacimientos situados en Cerro Ardite, en la subcuenca del Pereilas y en la confluencia del Río Grande con el Guadalhorce.
28. También existen vestigios de cultura material adscritos al Paleolítico Medio y al Superior. El yacimiento más antiguo del Paleolítico Medio pertenece a una producción lítica en el glacis-terrazza de Moreta (Coín). Del Paleolítico Superior se conserva un único yacimiento documentado en la cueva del Tajo del Jorox o de las Vacas (Alozaina).
29. Del periodo Neolítico existe una buena representación en el entorno de la cuenca del Río Grande. Se trata tanto de cuevas y abrigos como de depósitos y yacimientos a la intemperie. Con respecto a las cuevas existen restos de actividad humana del Neolítico en la cueva de la Tinaja, en la cueva del Tajo del Jorox, de las Vacas o del Algarrobo, en la cueva de la Murcielaguina y en la surgencia de Zarzalones.
30. De época mucho más reciente (Edad Moderna) existe un rico legado patrimonial hidráulico. En él se incluyen acequias, molinos harineros y pasadas sobre el cauce (vados).
31. La historia reciente de los pueblos de la cuenca está íntimamente ligada al Río Grande a través de la agricultura. Prueba de ello es la gran cantidad de terrenos agrícolas que jalonan las terrazas aluviales del cauce.



## 11.7. Conclusiones acerca del proceso de divulgación de los resultados.

32. El presente estudio contempla una fase de difusión de resultados muy novedosa y atractiva que consiste en dar a conocer los valores naturales y culturales del Río Grande de Málaga a los habitantes de los municipios de la cuenca. Para ello se ha elaborado un tríptico divulgativo y una guía didáctica que recogen los resultados más relevantes del estudio.
33. El tríptico divulgativo recoge brevemente y de una forma sencilla los principales resultados acerca de la calidad de las aguas y riberas, la biodiversidad que alberga el río y los valores históricos y etnográficos. Por su parte, la guía didáctica, que recibe el nombre de “El cuaderno de Gea: El río Grande de Málaga”, es una publicación de educación ambiental que explica de forma didáctica los valores naturales, históricos y patrimoniales del Río Grande.
34. Tanto el tríptico como la guía han sido presentados públicamente en diferentes municipios de la cuenca a modo de campaña divulgativa del proyecto y con el objetivo de acaparar la atención de educadores, estudiantes y de la población en general. Además, la guía didáctica se repartirá entre todos los alumnos de 6º de primaria de los centros educativos pertenecientes a los municipios de la cuenca de río Grande.
35. Dichos materiales didácticos han tenido muy buena acogida por parte del profesorado local, y en el momento de redacción de este informe, numerosos profesores se han comprometido a trabajar con la guía didáctica en las aulas.
36. Además de las distintas presentaciones del tríptico y la guía didáctica se han realizado otros actos relacionados con la presentación del proyecto y la difusión de resultados como ruedas de prensa, entrevistas en programas de radio, programas de TV y la publicación de notas de prensa (ver capítulos 9 y 10).

## 11.8. Conclusiones generales del estudio.

1. La Subcuenca del Río Grande de Málaga posee un patrimonio natural y cultural de gran riqueza y singularidad.
2. El buen estado ecológico en el tramo alto dota al Río Grande de Málaga de unos valores excepcionales que merecen la pena conservar y preservar.
3. Estos altos valores disminuyen hacia los tramos más bajos debido, principalmente, a la contaminación que sufren las aguas en el Río Pereilas (afluente del Grande) por el aporte de aguas residuales desde el Río Bajo (tributario del Pereilas) y por la mayor actividad-ocupación humana de la zona. La depuración de las aguas del Pereilas es crucial para la mejora de este ecosistema fluvial, así como otras actuaciones de restauración fluvial que, sin ser objeto del presente estudio, podrán analizarse en el futuro en base a los resultados aquí presentados.
4. El legado histórico-patrimonial de la Subcuenca del Río Grande de Málaga es muy rico, remontándose a la Prehistoria, con yacimientos y cuevas como representaciones típicas de la época.
5. Gran parte de este patrimonio no es suficientemente conocido por la población de la cuenca y posee un alto potencial de puesta en valor en el futuro.
6. De la Edad Moderna se conservan restos de un rico patrimonio hidráulico (acequias, molinos y vados).
7. La historia natural del Río Grande de Málaga está íntimamente ligada a la historia de sus pueblos. La actividad simbiótica entre el ser humano y el río ha dado como resultado la preservación de un ecosistema que precisa de la permanencia de esa relación mutualista para su conservación futura.
8. Será necesario abordar nuevos estudios relacionados con elementos claves de este ecosistema fluvial no tratados en este proyecto, como la caracterización de la comunidad de peces de la Subcuenca del Río Grande, el estudio ecológico de la población de nutrias y el estudio hidrogeomorfológico del río. Con estos trabajos el proyecto podría incluir propuestas de mejora ambiental y restauración de aquellos

## Capítulo 11: **Conclusiones.**



tramos que presenten alteraciones. Estas propuestas entendemos que deberían ser sometidas a un proceso de participación pública antes de ser aprobadas definitivamente.