

Vicenç Acuña / Mira Petrovic / Josep Pueyo / Anna Freixa

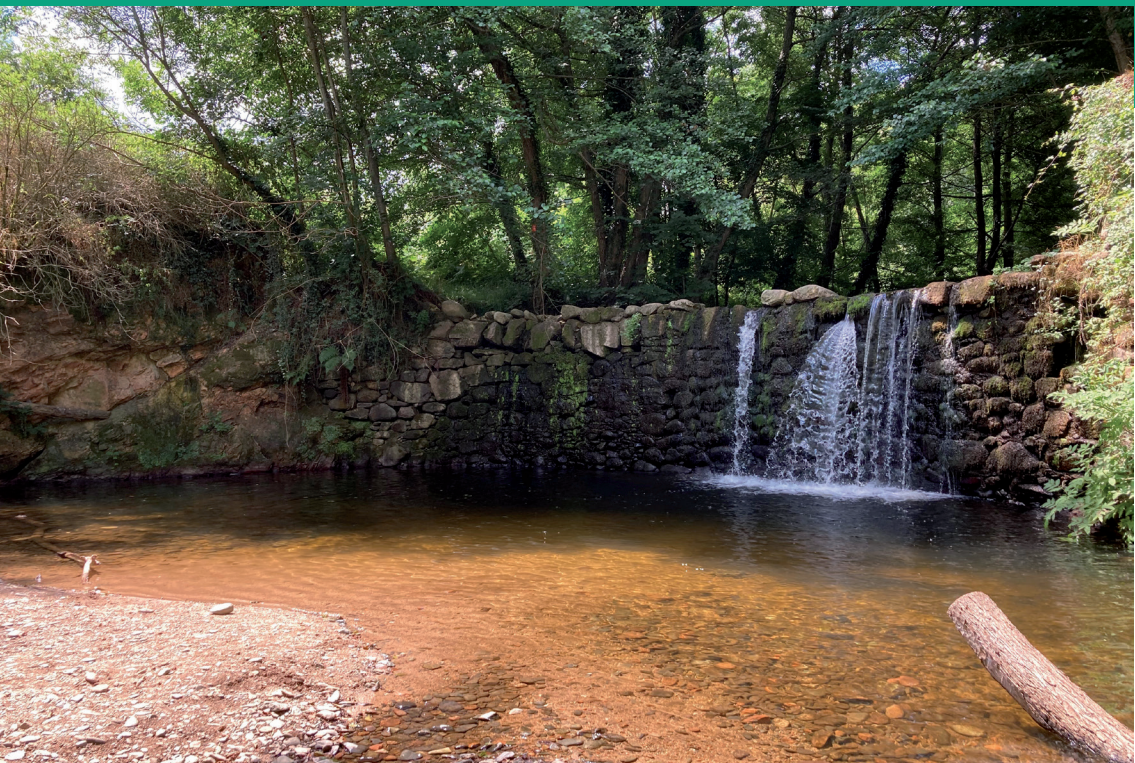
# GORGUES, ENTRE EL LLEURE I LA CONSERVACIÓ



Universitat  
de Girona

UVIC  
UNIVERSITAT DE VIC  
UNIVERSITAT CENTRAL  
DE CATALUNYA

**E** Eumo  
Editorial





# GORGUES, ENTRE EL LLEURE I LA CONSERVACIÓ



Vicenç Acuña / Mira Petrovic / Josep Pueyo / Anna Freixa

# GORGUES, ENTRE EL LLEURE I LA CONSERVACIÓ

Premi de Recerca Guillerries 2020



Universitat  
de Girona

**UVIC**  
UNIVERSITAT DE VIC  
UNIVERSITAT CENTRAL  
DE CATALUNYA

**E** Eumo  
Editorial

Aquest treball ha rebut el Premi de Recerca Guilleries 2020, atorgat per la Càtedra interuniversitària de l'Aigua, Natura i Benestar,\* impulsada per l'Ajuntament de Sant Hilari Sacalm, la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya i la Universitat de Girona.

(\* La Càtedra interuniversitària de l'Aigua, Natura i Benestar té la voluntat de treballar per al desenvolupament del territori a partir de la interacció entre els diferents agents socials i universitats en els àmbits en què poden aportar expertesa. La finalitat és potenciar, difondre i transferir el valor del patrimoni natural de les Guilleries, per ajudar a desenvolupar un model de gestió territorial sostenible en aquest espai natural compartit entre les comarques d'Osona i de la Selva. Les línies d'interès de la Càtedra de l'Aigua, Natura i Benestar se centren principalment en el patrimoni natural relacionat amb l'aigua, el territori i la biodiversitat.

© Vicenç Acuña, Mira Petrovic, Josep Pueyo i Anna Freixa  
© de les fotos: Vicenç Acuña i Anna Freixa. De la figura 11: fons ICRA.  
© d'aquesta edició: Càtedra de l'Aigua, Natura i Benestar  
Centre Aqua. Zona Industrial Mas Garriga, s/n. 17403 Sant Hilari Sacalm (la Selva)  
catedraaqua@santhilari.cat / <https://www.catedraaigua.cat> / @Catedra\_Aigua / @catedraaqua  
Eumo Editorial. C. Doctor Junyent, 1. 08500 Vic  
[www.eumoeditorial.com](http://www.eumoeditorial.com) - [eumoeditorial@eumoeditorial.com](mailto:eumoeditorial@eumoeditorial.com)  
—Eumo és l'editorial de la UVic-UCC—

Disseny de la coberta i disseny i maquetació de l'interior: Marta Prat Salvans - [www.martaprat.cat](http://www.martaprat.cat)  
Impressió: OpenPrint  
Primera edició: octubre de 2022  
ISBN: 978-84-9766-790-6  
Dipòsit legal: B 18313-2022

Aquest treball pot ser citat preferentment així:

Acuña, V.; Petrovic, M.; Pueyo, J.; Freixa, A. (2022). *Gorgues, entre el lleure i la conservació*. Sant Hilari de Sacalm: Càtedra de l'Aigua, Natura i Benestar; Vic: Eumo, Col·lecció «Guilleries - Aigua i Territori», vol. 2.

Reservats tots els drets. Es prohibeix la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol mitjà o procediment sense l'autorització per escrit dels titulars dels copyrights.

## **Col·laboradors**

Mar Auró, Ventura Campillo, Nils Gutiérrez, Gabriela Córdoba

**Editors:** Marc Ordeix i David Soler, codirectors de la Càtedra interuniversitària de l'Aigua, Natura i Benestar per la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya i la Universitat de Girona, respectivament.

# ÍNDEX

---

<b>PRENDRE CONSCIÈNCIA I MILLORAR</b> , Joan Ramon Veciana	7
<b>ENTRE EL GAUDI I LA PRESERVACIÓ DE L'ENTORN NATURAL</b> , Sílvia Llach i Jordi San Eugenio	9
<b>LA IMPORTÀNCIA DE LA RECERCA APLICADA</b> , Damià Barceló	12
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	14
<b>2. METODOLOGIA</b>	19
Selecció de les gorgues	
Factors que influencien la freqüentació	
Qualitat de l'aigua	
Biodiversitat bacteriana	
<b>3. RESULTATS</b>	32
Selecció de les gorgues	
Factors que influencien la freqüentació	
Qualitat de l'aigua	
Biodiversitat bacteriana	
<b>4. DISCUSSIÓ</b>	43
Factors que influencien la freqüentació	
Impactes del bany recreatiu	
Capacitat de càrrega	
<b>5. CONCLUSIONS</b>	52
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b>	54
<b>7. ANNEX</b>	60

---





# PRENDRE CONSCIÈNCIA I MILLORAR

Teniu a les mans la segona publicació dels premis de recerca Guillerries, promoguts per la Càtedra de l'Aigua, Natura i Benestar, que tenen per objectiu conèixer, donar valor i difondre el patrimoni que tenim a les Guillerries, amb especial èmfasi en el patrimoni natural.

Aquest llibre pretén analitzar de quina manera la influència de la presència humana en espais naturals, concretament en les gorges del nostre entorn, afecta la biodiversitat i la preservació de la seva riquesa natural. Hem vist que després de la pandèmia ha augmentat considerablement la freqüentació dels espais naturals més propers, i aquest fet pot posar en risc la supervivència d'algunes espècies animals i vegetals, alhora que pot empitjorar la salut dels hàbitats naturals com a conseqüència de la proliferació de deixalles o altres efectes de la petjada humana.

En un indret com les Guillerries, la preservació de l'entorn ha de tenir una rellevància especial, pel fet de ser un espai protegit i per la vulnerabilitat creixent de tots els ecosistemes naturals arran de l'augment de la presència humana i del canvi climàtic. És responsabilitat i feina de tots prendre consciència sobre la necessitat de modificar alguns dels nostres hàbits per afavorir l'estabilitat de la natura que ens envolta. Cada dia veiem que l'acció humana canvia el nostre clima, amb les innumerables afectacions negatives que això tindrà en un futur proper. Per aquest motiu, tota acció destinada a minimitzar aquests efectes negatius és necessària.

Vull agrair als autors del treball la dedicació, la innovació en la metodologia emprada, la claredat dels resultats obtinguts i la seva exposició. També vull agrair molt sincerament la feina de les dues universitats que acompanyen l'Ajuntament de Sant Hilari en la Càtedra de l'Aigua, Natura i Benestar, que són la UVic-UCC i la UdG. Totes dues juguen fort per donar continuïtat a aquesta càtedra, que centra l'activitat en un territori com les Guilleries, nexse d'unió entre les dues seues universitàries. La feina que realitzen les universitats també ha de sortir de les seves seues físiques i donar valor a allò que les caracteritza i els dona singularitat. En aquest sentit, treballar per millorar una àrea com les Guilleries diu molt de la feina i de la voluntat d'aquestes dues universitats, que són les més properes a la nostra zona i amb les quals compartim objectius i ambicions de millora de tot allò que ens envolta i que ens fa ser part d'un territori molt especial.

Espero que gaudiu del llibre i que en els propers anys aquesta col·lecció creixi i sigui un referent de la feina feta per enfortir la recerca i la millora de les nostres estimades Guilleries.

**Joan Ramon Veciana**

Alcalde de Sant Hilari Sacalm  
Sant Hilari Sacalm, juliol de 2022

# ENTRE EL GAUDI I LA PRESERVACIÓ DE L'ENTORN NATURAL

Escrivim aquesta presentació a les acaballes del mes de juliol de 2022. La referència al marc temporal adopta una rellevància especial en el rerefons del llibre que ens ocupa, sobretot per la voluntat de consum vinculada a espais d'aigua, més enllà de la platja i la piscina, que té la ciutadania durant la temporada estiuenca. Aquesta realitat fa que recuperem el discurs, a voltes ambivalent, que intenta fixar un equilibri entre el gaudi de la natura i la seva preservació. Hi ha molts estudis que ens indiquen que el consum d'espais naturals per part de la població ha augmentat exponencialment d'ençà de l'arribada de la COVID-19. De fet, la investigació que precedeix la publicació que aquí presentem és especialment oportuna per donar respostes inequívokes, entre d'altres, a la concreció de la capacitat de càrrega que poden assumir les gorgues per així evitar-ne la sobrefreqüentació. D'aquesta manera, la definició d'un model de gestió per a l'ús públic de les gorgues esdevé imprescindible en els temps que vivim, i aquesta investigació ens aporta evidències molt valuoses en aquest sentit.

Pel que fa a la mirada institucional, estem molt satisfets de constatar el creixement de la Càtedra de l'Aigua, Natura i Benestar, entre d'altres, mitjançant l'aportació d'elements científics al debat per a la millora del territori i la seva gestió, però també mitjançant l'oferiment d'una massa crítica que optimitza els processos

d'intervenció territorial que, en definitiva, ens fan ser més respectuosos amb el medi ambient i, per tant, ens fan millorar com a societat. La Universitat de Girona i la Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya tenen, en el municipi de Sant Hilari Sacalm, un mig camí físic i simbòlic idoni per continuar teixint un mapa universitari català que ha de passar, ineludiblement, per la col·laboració interuniversitària. En aquesta línia, cal agrair la magnífica feina de direcció que porten a terme el Sr. David Soler (Universitat de Girona) i el Dr. Marc Ordeix (Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya). De la mateixa manera, cal agrair l'aposta que l'Ajuntament de Sant Hilari Sacalm fa pel coneixement, la recerca i la innovació, mitjançant l'impuls d'una càtedra que, a hores d'ara, esdevé una expressió d'orgull col·lectiu per als hilariencs i les hilarienques.

L'existència d'una càtedra com aquesta, situada en el territori i coordinada per dues universitats, és una mostra perfecta del paper que han d'exercir les universitats en el futur: estar al servei de la societat i de la ciutadania, sentint-ne el pols i sent capaces de respondre als reptes i a les necessitats. La universitat és una institució que genera coneixement, però no l'ha de generar sola, sinó amb aliances amb altres agents, com els ajuntaments, les associacions, les entitats, les empreses, les administracions en general, entre altres. Cada agent té una expertesa, que ha de posar a disposició dels altres per assolir objectius compartits. Així, la coneguda imatge metafòrica de la universitat com a torre d'ivori es difumina i agafen força altres imatges: una xarxa, un mosaic, o algun dels arbres que sí que deixen veure el bosc. La majoria dels sabers, doncs, neix orientada i aporta coneixements que busquen insistentment la millora de la vida de les persones i dels ecosistemes. Aquesta manera d'avançar se sustenta en el que s'anomena compromís comunitari de les universitats, que és l'expressió d'una responsabilitat i que es defineix d'una forma tan senzilla com l'acord entre agents universitaris i no universitaris per arribar a uns resultats que beneficien totes les parts. I és exactament el que es dona en

aquesta càtedra: el pacte entre un ajuntament i dues universitats per obtenir respostes a preguntes, per fer accions que optimitzin el territori, per investigar problemes i reptes reals, per reforçar el contacte i el diàleg, i sobretot, per donar-nos l'oportunitat de millorar com a universitats.

**Silvia Llach**

Vicerectora de Territori i Compromís Social  
Universitat de Girona

**Jordi de San Eugenio**

Adjunt a Vicerector de Recerca i Transferència de Coneixement  
Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya

Girona-Vic, juliol de 2022

# LA IMPORTÀNCIA DE LA RECERCA APLICADA

La recerca aplicada, o aquella que intenta donar solucions als problemes de gestió dels espais naturals, és avui més indispensable que mai. D'una banda, llegim publicacions científiques o informes de les Nacions Unides que ens alerten de la pèrdua de biodiversitat en sistemes aquàtics continentals d'àmbit global, i de l'extinció massiva de la megafauna en aquests ecosistemes. D'altra banda, els gestors dels espais naturals i part de la comunitat científica ens diuen que la manca d'evidències científiques limiten el disseny d'accions de gestió efectiva, i que bona part de la recerca en conservació s'està orientant a problemes que no són urgents de solucionar. Aquesta falta d'encaix entre les necessitats de recerca aplicada i la recerca que es realitza avui dia en sistemes aquàtics continentals ha empès la comunitat del sector de la conservació a fer una crida a un pla de recuperació d'emergència. És en aquest context que s'emmarca la recerca premiada el 2020 per la Càtedra de l'Aigua, Natura i Benestar, atès que s'ha premiat un projecte de recerca que pretén oferir solucions per a la regulació de l'activitat recreativa a les gorgues fluvials, uns espais molt propers i freqüentats a casa nostra.

Des de l'ICRA, l'Institut Català de Recerca de l'Aigua, donem molta importància a la recerca aplicada i així ho demostren els projectes que duem a terme. De tota manera, cal recordar sovint al públic en general que no hi pot haver recerca aplicada si abans no es fa

recerca bàsica, i que en el fons la recerca bàsica i la recerca aplicada estan entrelaçades. Del que es tracta és fer recerca excel·lent i compromesa amb la millora del medi ambient.

Finalment, vull agrair a en Vicenç Acuña i al seu equip l'elaboració del projecte, així com la deferència d'haver-me convidat a fer aquest pròleg.

**Damià Barceló**

Director de l'Institut Català de Recerca de l'Aigua  
Girona, juliol de 2022

# 1. INTRODUCCIÓ

Les gorgues (o gorg, gorja, olla, mulla, remulla) són unitats geomorfològiques dins del riu, normalment compostes d'un salt d'aigua i la seva piscina associada, excavada per la pròpia cascada. L'altura del salt d'aigua pot variar des de pocs metres fins a centenars, mentre que la fondària i la forma de la piscina depenen, precisament, de l'alçada del salt, del cabal que porti el riu i del substrat del llit fluvial. Les gorgues són, sovint, el tipus més profund de piscines que es poden formar als rius i solen ser abundants en rius petits amb pendents pronunciats, generalment a prop de les capçaleres (Bisson i Montgomery, 1996). Al Mediterrani, així com en àrees amb climes semiàrids, on part de la xarxa fluvial s'asseca a l'estiu, les gorgues esdevenen els únics hàbitats aquàtics permanents, amb la qual cosa es converteixen en refugis per a espècies d'aigua dolça tant animals com vegetals (Sheldon et al., 2010; Bogan et al., 2015). Per tant, les gorgues tenen un rol fonamental per a la preservació local i regional de les espècies fluvials, i aquest paper essencial es torna encara més rellevant a mesura que la proporció de xarxa fluvial amb sequera estival augmenta a causa del canvi climàtic (Gudmundsson et al., 2021; Messenger et al., 2021).

Tot i això, les espècies d'aigua dolça no són les úniques que troben refugi en les gorgues durant els mesos d'estiu (des de finals de primavera fins a principis de tardor a la conca mediterrània); l'es-





↑ **Figura 1.** Gorga del Diable, riera de Penjacans (Santa Coloma de Farners).

pècie humana també freqüenta les gorgues, especialment les que es troben properes a àrees poblades. Tanmateix, el bany recreatiu i les espècies aquàtiques han conviscut de manera pacífica durant segles (Schafft et al., 2021). Malauradament, l'equilibri entre la conservació i la recreació actualment està en perill a causa dels canvis en el bany recreatiu tant en magnitud com en distribució. És a dir, el nombre de banyistes augmenta alhora que es concentren progressivament en menys gorgues molt freqüentades com a conseqüència de l'efecte crida de les xarxes socials (Llanos-Paez i Acuña, 2022). D'altra banda, el confinament provocat per la COVID-19 ha augmentat les activitats recreatives en espais naturals propers a zones poblades (Randler et al., 2020; Venter et al., 2020). En definitiva, el bany recreatiu a les gorgues s'ha tractat com un servei dels ecosistemes, però la sobrefreqüentació pot comportar impactes en la biodiversitat a escala local i regional. Avui dia, la informació sobre l'impacte del bany en els ecosistemes fluvials és limitada (Schafft et al., 2021); principalment se centra en l'estudi de l'impacte negatiu en les plantes i els invertebrats aquàtics a causa de les embarcacions i l'ús de la riba. Tanmateix, hi ha una manca d'informació sobre la repercussió en la qualitat de l'aigua i en la biodiversitat provocada pel bany recreatiu a les gorgues, que afecta directament la conservació d'aquests ecosistemes clau.

Donat aquest context, els nostres objectius eren:

1. Entendre els factors que condicionen la freqüentació a una determinada gorga.
2. Estimar la relació entre la freqüentació, la química de l'aigua i els canvis en la biodiversitat per identificar els llindars de càrrega a partir dels quals la biodiversitat pateix canvis sobtats.
3. Definir un mètode per determinar la capacitat de càrrega (per exemple, nombre de banyistes per dia) de cada gorga, i permetre així als gestors locals o regionals de trobar l'equilibri entre la conservació i l'activitat recreativa a llarg termini (Shelby i Heberlein, 1984; Lorenz i Pusch, 2012).



**Figura 2.** Sobrefreqüentació a la gorga de Mas Fàbregues (Viladrau).

Al'hora de determinar la capacitat de càrrega d'un espai, es poden tenir en compte quatre dimensions: l'ecològica, l'espacial, l'econòmica i la social (Shelby i Heberlein, 1984). En aquest estudi ens centrem en la capacitat de càrrega ecològica, que s'ocupa dels impactes en els ecosistemes i que pot presentar variacions importants en funció de l'estació o del cabal del riu. Per a l'estudi, es van escollir nou gorgues repartides entre la riera Major, la riera d'Osor, la riera de Santa Coloma i la conca del riu Brugent, a les comar-

ques d'Osona, la Selva i la Garrotxa (Figura 4). A cada gorga es van mesurar factors potencials que podien determinar la freqüentació, així com l'impacte del bany recreatiu en la qualitat de l'aigua i en la biodiversitat bacteriana del biofilm.

## 2. METODOLOGIA Selecció de les gorgues

L'objectiu de la selecció de les gorgues fou escollir les que tenien més freqüentació de banyistes. Es va utilitzar la popularitat en xarxes socials com a criteri, mitjançant la combinació dels següents indicadors seguint la figura 3:

- Nombre de posts a Instagram (<https://www.instagram.com>).
- Nombre de ressenyes a Google (<https://www.google.com>).
- Quantitat de rutes a Wikiloc (<https://ca.wikiloc.com>) que passen per cada gorga.

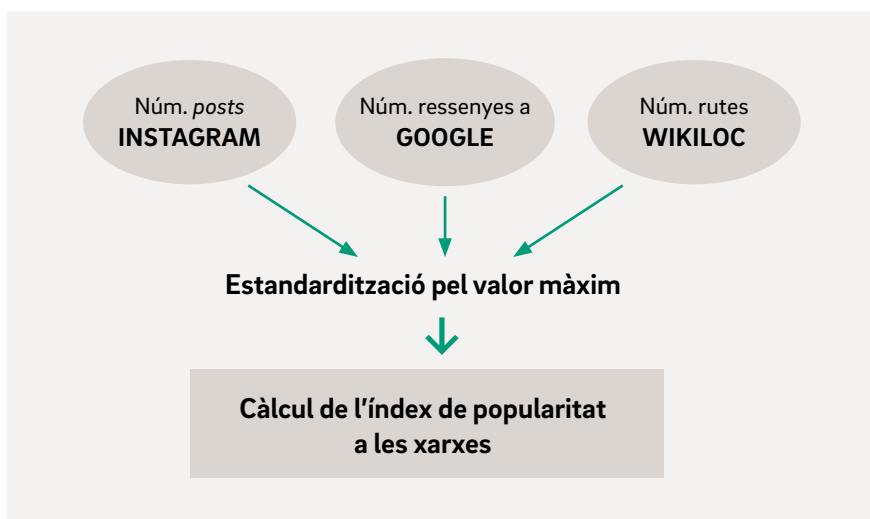
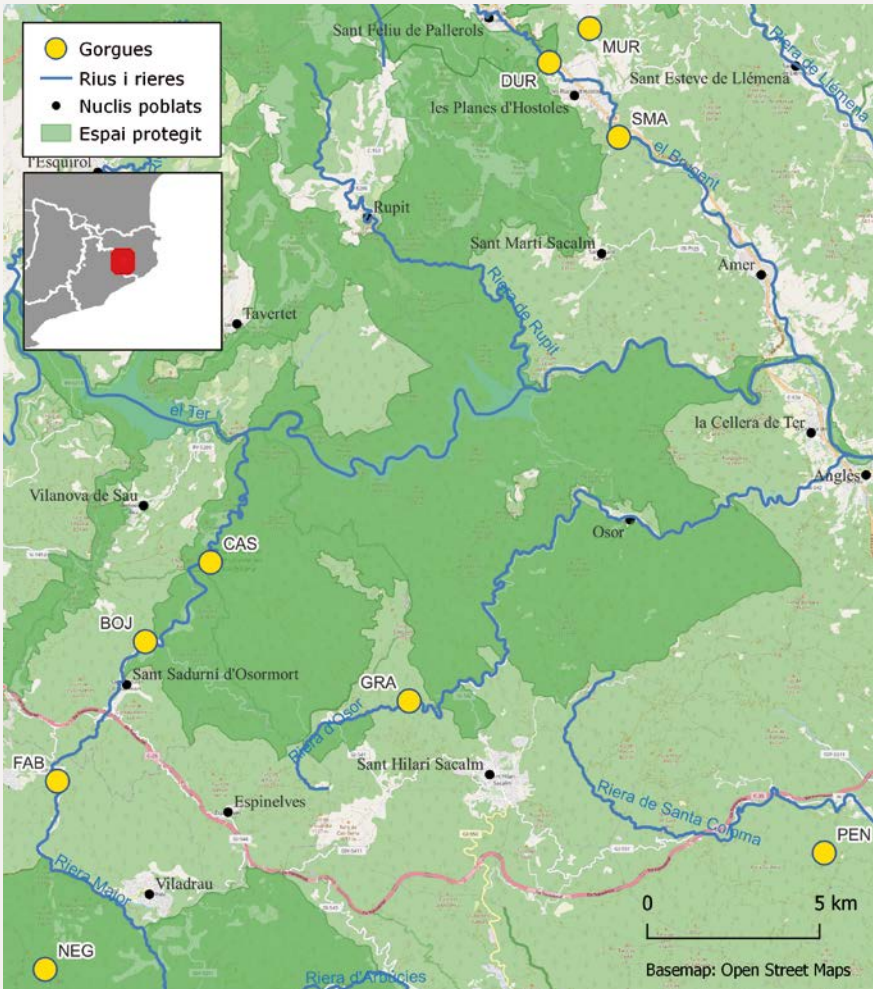


Figura 3. Esquema del càlcul de l'índex de popularitat.

Per a cada atribut, el número va ser estandarditzat en funció del valor màxim. A partir de l'anàlisi de les tres xarxes socials, es van identificar trenta-cinc gorgues dins del massís de les Guilleries i del Montseny, de les quals només sis es van considerar aptes per a l'estudi (tenien una certa freqüentació i el terreny permetia agafar mostres d'aigua i comunitat bacteriana a l'entrada i a la sortida



↑ **Figura 4.** Localització de les gorgues seleccionades. Llegenda: BOJ: Molí de Bojans, CAS: Castanyadell, DUR: Plana/Duran, FAB: Mas Fàbregues, GRA: Mas Gras, MUR: Molí dels Murris, NEG: Negre, PEN: Penjacans, SMA: Santa Margarida.

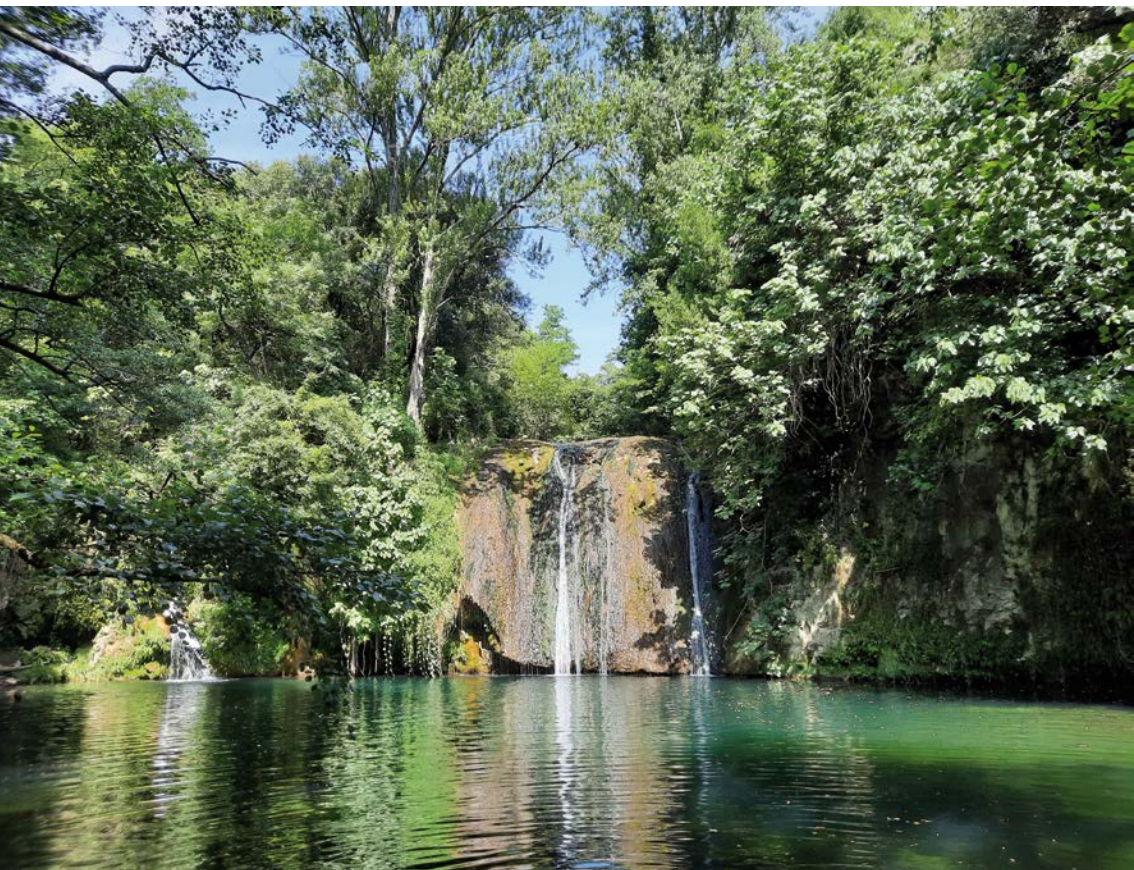
de la gorga). Les sis gorgues de les Guilleries es van complementar amb tres gorgues del riu Brugent, amb coneguts problemes de sobrefreqüentació, per tal d'augmentar la mostra de gorgues analitzades (Figura 4).

Hi ha estudis que han utilitzat xarxes socials com Twitter o Flickr, sobretot per la facilitat d'accés a les dades via API, però ambdues són útils només en àrees molt poblades (Tenkanen et al., 2017). En el cas de la zona d'estudi, la quantitat de piulades i d'imatges de Flickr era insignificant i per això es va desestimar aquest mètode. Finalment, es va contrastar l'índex de popularitat calculat a partir de les xarxes socials amb el coneixement local dels ajuntaments i d'experts en l'àrea d'estudi.

## Factors que influencien la freqüentació

Amb l'objectiu d'entendre quins factors condicionen la freqüentació en una determinada gorga, es va mesurar un conjunt de qualitats de cada gorga, com ara la mida i la forma, l'accessibilitat i el seu valor estètic. En concret, per mesurar la mida i la forma, es va combinar una graella 2D (Figura 6), en què es dibuixava la forma de la làmina d'aigua i s'anotaven els materials de la riba, així com una variable categòrica (que representava la variabilitat de la forma del curs fluvial, la qual anava d'uniforme a altament variable en cinc categories). Per mesurar la fondària, es van realitzar transectes perpendiculars amb mesures cada 25 cm en gorgues petites i cada metre en gorgues grans. També es va anotar 1) la presència d'elements antròpics, com edificis o canalitzacions, per exemple; 2) la possibilitat de saltar a l'aigua des d'un punt elevat; 3) la claredat de l'aigua (sòlids en suspensió, calculats a partir de filtrar l'aigua i de pesar el material retingut al filtre), i 4) la presència d'escuma a l'aigua. Amb relació al paper de l'accessibilitat a les gorgues, es va estimar la distància de cada gorga fins a la via transitable més propera. Per calcular la distància, es

va utilitzar l'algoritme distància al node més proper disponible al programari QGIS (v. 3.10.6), que calcula la distància entre el punt d'origen i el punt de destí més proper. Per calcular la influència potencial de la proximitat a àrees urbanes, es va estimar la distància per carretera de cada gorga a l'àrea urbana més propera. Per aquest càlcul, es va utilitzar el mòdul QNEAT3, dedicat a l'anàlisi de xarxes, també disponible a QGIS (v. 3.10.6). Finalment, també es va anotar si la gorga es trobava dins dels límits d'un espai natural protegit o no.

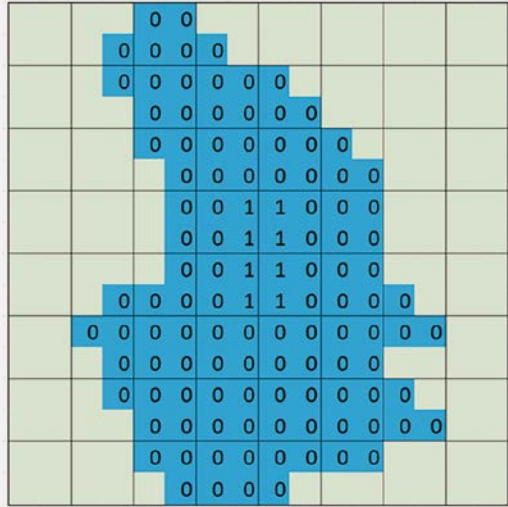


↑ **Figura 5.** Gorga de la Plana, riu Brugent (les Planes d'Hostoles).



Figura 6. →

Graella 2D del Gorg Negre, en què els zeros representen profunditats inferiors a 1,5 m, i els uns, fondàries superiors a 1,5 m.



Les variables anteriors es van fer servir com a variables explicatives del nombre de visitants, amb l'índex de popularitat, i també es va usar cadascuna de les xarxes socials per separat. Finalment, cal mencionar que el nombre de visitants es va obtenir comptant banyistes a cada gorga un dissabte al matí de 9.00 h a 14.00 h (concretament el 24 de juliol de 2021), considerat un moment representatiu de la màxima freqüentació. Es van emprar models multivariants de regressió lineal per determinar si múltiples factors dels descrits prèviament podien explicar de manera conjunta el nombre de banyistes. A causa de la mida reduïda de la mostra, no es van poder utilitzar tots els factors calculats en un mateix model, ja que un model no pot tenir més variables (factors) que observacions (gorgues). Així doncs, es va valorar cada possible combinació entre un i cinc factors diferents. Per evitar el risc d'ajustar massa el model a les dades i perdre poder de generalització, es va emprar un mètode de validació dels errors de cada model, és a dir, es va mesurar la diferència entre el valor real i el valor predit pel model. En concret, es va optar per utilitzar la validació iterativa deixant un cas a fora (*Leave-One-Out Cross Validation, LOOCV*).

Per a cada combinació de factors, el LOOCV calcula tants models com casos (és a dir, gorgues) hi hagi, deixant fora una gorga cada cop, ajustant el model amb les vuit restants i calculant l'error de predicció amb el cas exclòs (Hastie et al., 2009). D'aquesta manera, es va escollir la combinació de factors amb un error mitjà més baix. Les anàlisis es van realitzar amb les llibreries statsmodels i sklearn desenvolupades en el llenguatge de programació Python (v. 3.10.0).

## Qualitat de l'aigua

El cabal del riu fou mesurat a l'entrada i a la sortida de cada gorga mitjançant un velocímetre acústic Doppler (ADV; FlowTracker, SonTek, San Diego, EUA). Es van prendre mesures de profunditat cada 15 cm al llarg de la secció del riu, així com la velocitat a 0,6 m de profunditat.

La conductivitat elèctrica, la temperatura, el pH i l'oxigen dissolt foren mesurats directament a camp a les mateixes ubicacions que el cabal per mitjà de sondes (WTW, Weilheim, Alemanya). Per determinar l'impacte del bany recreatiu en la química de l'aigua, es va estimar la concentració de diferents compostos a l'entrada i a la sortida de cada gorga. Els compostos mesurats foren amoni, carboni orgànic



Figura 7. Sondes de conductivitat elèctrica, pH i oxigen.



Figura 8. Patrons per a la determinació de la concentració d'amoni.

dissolt (DOC), un filtre solar (2-Ethylhexyl 4-methoxycinnamate, EHMC, CAS número 5466-77-3) i cafeïna. L'EHMC i la cafeïna es van seleccionar com a marcadors de l'activitat humana, mentre que l'amoni i el DOC es van seleccionar per caracteritzar les concentracions dels nutrients a cada gorga, així com els seus potencials efectes arran del bany recreatiu. No obstant això, també cal mencionar que poden variar a causa de processos biogeoquímics. D'altra banda, tant l'EHMC com la cafeïna no es troben presents en condicions naturals, per tant, qualsevol canvi en la seva concentració havia de ser forçosament provocat per la presència humana. L'EHMC es va escollir perquè és el filtre solar més utilitzat en cremes solars (Brausch i Rand, 2011). A més, l'EHMC està inclòs a l'*European Community Rolling Action Plan* com a sospitós de ser persistent, tòxic i amb capacitat de bioacumular-se. També apareix a la *First Watch List* de la Directiva Marc de l'Aigua, en què es fa esment d'un PNEC (concentració del tòxic que marca el límit per sota del qual no s'observen efectes adversos per l'exposició) de  $200 \mu\text{g kg}^{-1}$  en sediments. La cafeïna, per la seva banda, fou seleccionada com a indicador de contaminació domèstica, en aquest cas d'excreció d'orina a les gorgues (Chen et al., 2002). De fet, l'adsorció o degradació de la cafeïna en ambients d'aigua dolça són molt baixos, de manera que permeten utilitzar-la com un indicador de contaminació domèstica.

Diferents mostres d'aigua foren recollides a l'entrada i a la sortida de cada gorga. Les mostres per mesurar l'amoni van ser filtrades directament a camp mitjançant filtres de niló (mida del porus  $0,2 \mu\text{m}$ , Whatman, Regne Unit) (Figura 10), mentre que les mostres per mesurar el carboni orgànic dissolt es van filtrar amb filtres de fibra de vidre (mida del porus  $0,45 \mu\text{m}$ ). Les mostres d'aigua per mesurar la cafeïna i l'EHMC es van recollir en ampolles de vidre fosc prèviament rentades amb aigua purificada. Totes les mostres es van conservar a  $-20^{\circ}\text{C}$  fins a la seva anàlisi. La concentració d'amoni es va determinar colorimètricament a través d'un espectrofotòmetre (Alliance-AMS Smartchem 140, AMS France,



**Figura 9.** Gorga de la riera de Castanyadell (Vilanova de Sau).



**Figura 10.** Filtratge de mostres d'aigua immediatament després de la seva recollida.



**Figura 11.** Imatges del procés de filtratge i anàlisi de mostres de química de l'aigua en un laboratori de l'Institut Català de Recerca de l'Aigua.

Frépillon, França). La concentració de carboni orgànic dissolt es va mesurar amb un Shimadzu TOC-V CSH acoblat a un mòdul TNM-1 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japó). Les anàlisis de la cafeïna i l'EHMC es van realitzar mitjançant un mètode en línia (SPE-UHPLC-MS/MS). La quantificació es va fer partint d'un mètode estàndard amb Oxybenzone-phenyl-d5 (per a l'EHMC) i CaffeineC13 (per a la cafeïna).

## Biodiversitat bacteriana

Per mesurar la biodiversitat bacteriana, es van rascar a camp els biofilms de tres còdols diferents recollits tant a l'entrada com a la sortida de cada gorga (Figura 12).

Els biofilms són comunitats de microorganismes (principalment algues, bacteris i fongs) que creixen adherits a una superfície com les pedres o els sediments dels rius i estan recoberts per una matriu de polisacàrids. Les mostres obtingudes es van conservar a  $-20^{\circ}\text{C}$  fins a la seva anàlisi. La composició de la comunitat bacteriana fou analitzada a partir de seqüenciar el gen 16S rRNA (Figura 14). Primer, es va extreure l'ADN d'una àrea coneguda de biofilm utilitzant un kit comercial d'extracció (FastDNA spin kit per a sòls, MP Biomedicals) seguint les instruccions del fa-



← Figura 12. Còdols amb biofilm fluvial.

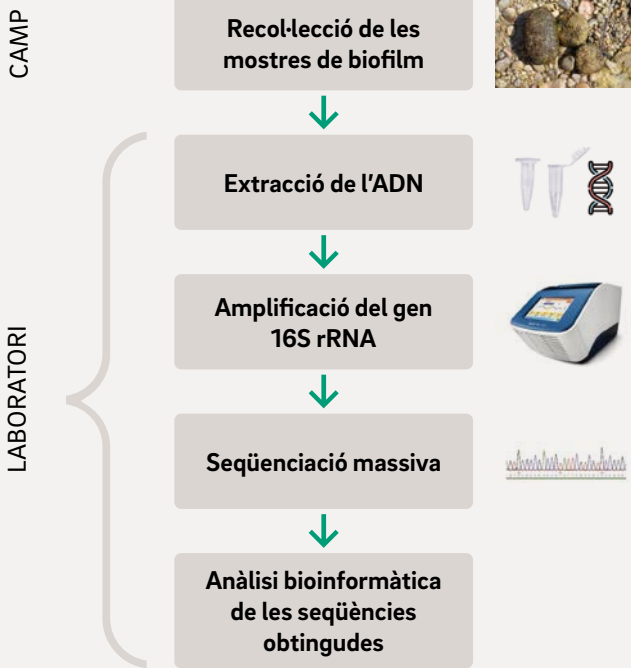


**Figura 13.** Gorga del Molí dels Murrís, riu Brugent (les Planes d'Hostoles).

bricant. Les concentracions d'ADN i la seva qualitat foren mesurades mitjançant un fluorímetre (Qubit 1.0, Life Technologies) i un espectròmetre (Nanodrop2000, Thermofisher Scientific). Posteriorment, les extraccions es van sotmetre a una seqüenciació massiva del gen 16S rRNA (específicament de la regió V4 del gen) amb el sistema Illumina MiSeq i utilitzant la parella de primers 515F/806R. Totes aquestes anàlisis foren realitzades pel Centro de Biotecnología (UPV/EHU, Bizkaia).

El *demultiplexing*, el filtratge i el *clustering* de les seqüències, amb l'obtenció de les *amplicon sequence variant* (ASV), així com la construcció de la taula d'ASV, van ser realitzats amb el programari QIIME2 (Bolyen et al., 2019). Les seqüències representatives d'ASV es van alinear amb la base de dades Greengenes v12\_08 (McDonald et al., 2012). Per a l'assignació taxonòmica, es va fer

servir la base de dades de referència SILVA 138. Es va fer un filtratge per eliminar aquells ASV que apareixien en menys de cinc mostres i que tenien menys de cent observacions en el total de mostres. Tot seguit, la taula filtrada d'ASV fou ratificada amb una submostra de 116.392 seqüències per mostra per minimitzar el biaix provocat per les diferències en l'abundància a l'hora de recollir les mostres. Finalment, es va obtenir una taula amb 1.642 ASV diferents. Llavors, es van calcular els índexs de diversitat de Shannon i de riquesa de Chao1 utilitzant les funcions *diversity* i



**Figura 14.** Esquema del protocol a seguir per a la determinació de la biodiversitat bacteriana utilitzant tècniques moleculars.



*estimareR*, en què la diversitat- $\beta$  es va calcular per a cada parell de mostres mitjançant l'índex de dissimilaritat de Bray-Curtis (estadístic emprat per quantificar com de diferent és la composició entre dues mostres) a partir dels valors d'abundància relativa. Per a aquests càlculs, es van usar les llibreries *vegan* i *phyloseq* del programari R (versió 4.02).

# 3.

## RESULTATS

### Selecció de les gorgues

Les nou gorgues seleccionades es repartien en dues conques hidrogràfiques diferents: vuit gorgues pertanyien a la conca del Ter i una a la conca de la Tordera, concretament la gorga del Diable a la riera de Penjacans (PEN). La pluja mitjana anual varia entre 750 mm i 1.000 mm, i l'altitud, de 289 a 877 msnm (Taula 1). Els usos del sòl a les subconques associades a cada gorga són majoritàriament naturals, amb uns percentatges de cobertura forestal que varien entre el 41% i el 99%. Totes les gorgues es localitzen en ecosistemes de clima mediterrani humit (Csb segons la classificació climàtica de Koppen) (Beck et al., 2018), caracteritzats per boscos d'escleròfil·les (principalment alzina *Quercus ilex*) combinats amb pi blanc (*Pinus halepensis*) i roure martinenc (*Quercus pubescens*) en localitats més altes o més obagues. La superfície de captació de les gorgues varia entre 1,2 i 67,8 km<sup>2</sup>, i el cabal entrant oscil·la entre 0,1 i 24,4 L·s<sup>-1</sup>.

**Taula 1.** Característiques ambientals i municipis de les gorgues seleccionades.

Gorga	Codi	Municipi	Pluja mitjana anual (mm)	Altitud (msnm)	Cabal del riu (L s <sup>-1</sup> )	Superfície forestal (%)	Superfície artificial (%)	Àrea de captació (km <sup>2</sup> )
Molí de Bojons	BOJ	Sant Sadurní d'Osormort	950	518	25	86,51	3,00	90,6
Castanyadell	CAS	Vilanova de Sau	950	464	4	99,10	0,15	14,1
Plana/Duran	DUR	Les Planes d'Hostoles	1.000	387	25,4	82,89	2,17	40,66
Mas Fàbregues	FAB	Viladrau	900	593	13,5	82,39	3,01	42,6
Mas Gras	GRA	Sant Hilari Sacalm	1.000	859	6,6	99,04	0,30	1,2
Molí dels Murris	MUR	Les Planes d'Hostoles	1.000	399	21	85,04	0,83	7,6
Negre	NEG	Viladrau	900	877	0,1	41,68	0,14	3,9
Penjacans	PEN	Santa Coloma de Farners	750	305	3	99,61	0,04	1,25
Santa Margarida	SMA	Les Planes d'Hostoles	950	289	17,9	81,99	2,60	67,8

El nombre de visitants el dia del recompte va variar entre 3 i 92 banyistes per gorga; el nombre de ressenyes totals a Google, entre 0 i 1.508; el nombre total de posts a Instagram, entre 0 i 737, i el nombre de rutes a Wikiloc, entre 5 i 888. Els valors extrets de les xarxes socials es van estimar per calcular l'índex de popularitat, que oscil·lava entre 0,03 i 0,41 (Taula 2). Es va trobar que el nombre de banyistes comptats tenia una relació significativa amb els posts d'Instagram ( $r^2 = 0,42$ , p-valor < 0,05, n=9) i amb les rutes a Wikiloc ( $r^2 = 0,30$ , p-valor < 0,05, n=9), però no amb la quantitat de ressenyes a Google. Tant els valors crus extrets de les xarxes socials com l'índex de popularitat es van utilitzar per a les anàlisis posteriors, ja que, en estar feblement relacionades, podien aportar informacions diverses.

**Taula 2.** Valors a les xarxes socials de les gorgues seleccionades.

Gorga	Codi	Ressenyes a Google	Posts a Instagram	Rutes a Wikiloc	Índex de popularitat
Molí de Bojons	BOJ	39	25	52	0,016
Castanyadell	CAS	0	2	67	0,009
Plana/Duran	DUR	187	716	598	0,230
Mas Fàbregues	FAB	2	0	27	0,003
Mas Gras	GRA	0	0	5	0,006
Molí dels Murrís	MUR	1.508	432	888	0,411
Negre	NEG	2	0	181	0,024
Penjacans	PEN	9	5	347	0,047
Santa Margarida	SMA	539	737	370	0,255

## Factors que influencien la freqüentació

La superfície de les diferents gorgues variava entre 15 i 1.548 m<sup>2</sup>, i la fondària màxima, de 0,45 m a més de 2,5 m; les distàncies a l'àrea urbana més propera, entre 0,8 i 17,3 km, i la distància a la via transitable més propera, de 107 a 4.080 m (Taula 3). En concret, les àrees urbanes properes a cada gorga eren poblacions petites, essent Sant Hilari Sacalm i Santa Coloma de Farners les més importants, amb una població de 5.591 i 12.894 habitants, respectivament. No obstant això, cal considerar que les gorgues són relativament properes a l'àrea metropolitana de Barcelona, amb una població de 4,8 milions d'habitants, i a les ciutats de Vic i Girona, amb 47.000 i 102.000 habitants, respectivament. D'altra banda, de les nou gorgues, les tres de la vall del riu Brugent tenen regulacions i limitacions en el nombre de banyistes diaris.

**Taula 3.** Factors potencials de recreació considerats per a cada gorga.

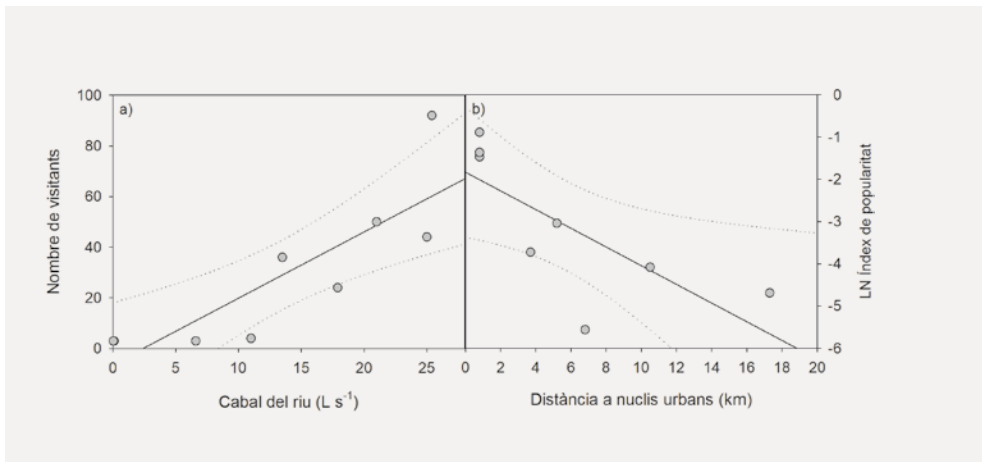
Gorga	Temperatura (°C)	Fondària màxima (cm)	Salt a l'aigua	Regulació	Distància caminant (m)	Distància a àrea urbana (km)	Superfície aigua (m <sup>2</sup> )	Superfície (>1,5 m, m <sup>2</sup> )	Terbolesa (mg L <sup>-1</sup> )
BOJ	24,1	250	Sí	No	119	10,5	219	18	2,06
CAS	19,3	85	No	No	205	17,3	15	0	0,067
DUR	19,45	250	Sí	Sí	682	0,8	1.018	98	1
FAB	18,6	190	Sí	No	107	6,8	249	32	0,73
GRA	19,9	45	No	No	352	6,17	18	0	0,067
MUR	16,3	250	No	Sí	2.050	0,8	624	69	0,67
NEG	19,7	180	Sí	No	4.080	3,7	74	5,1	2,27
PEN	20,3	170	No	No	983	5,2	16	1,2	28,86
SMA	21,7	250	Sí	Sí	1.210	0,8	1.548	630	1,2

BOJ: Molí de Bojons, CAS: Castanyadell, DUR: Plana/Duran, FAB: Mas Fàbregues, GRA: Mas Gras, MUR: Molí dels Murris, NEG: Negre, PEN: Penjacans, SMA: Santa Margarida.

Es van analitzar les relacions entre els factors de recreació i la freqüentació utilitzant models bivariants que permetessin entendre quins eren els factors més rellevants per explicar els patrons de freqüentació. L'objectiu dels models era predir el nombre de banyistes a partir d'una altra variable, com, per exemple, el nombre de posts a Instagram o la superfície de la gorga. Com més alta és la correlació d'una variable amb el nombre de banyistes significa que aquella variable és important per predir el nombre de banyistes. Així doncs, el nombre de banyistes estava correlacionat significativament amb el cabal del riu ( $r^2 = 0,71$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9) (Figura 15a), amb la fondària màxima ( $r^2 = 0,47$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9), amb la superfície de la làmina d'aigua ( $r^2 = 0,30$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9), i amb la distància a les àrees urbanes ( $r^2 = 0,17$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9). Pel que fa a l'índex de popularitat, es va trobar significativament correlacionat amb la temperatura de l'aigua ( $r^2 = 0,18$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9), amb el cabal ( $r^2 = 0,28$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9), amb la fondària màxima ( $r^2 = 0,38$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9), amb la distància a les àrees urbanes ( $r^2 = 0,44$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9), amb la superfície de la làmina d'aigua amb una fondària superior a 1,5 m ( $r^2 = 0,23$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9), i amb la superfície total de la làmina d'aigua ( $r^2 = 0,53$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9). La majoria d'aquestes relacions eren lineals, tot i que no fou el cas amb la relació entre l'índex de popularitat i la distància a les àrees urbanes, que va presentar una forta relació exponencial si s'excloïa la gorga de Mas Gras (GRA) del model ( $r^2 = 0,56$ , p-valor  $< 0,05$ , n=8) (Figura 15b). Amb relació als models multivariants validats amb el mètode LO-OCV, per a cada possible combinació d'entre un i cinc factors, la combinació amb un error més baix de predicció fou la combinació del cabal del riu amb la distància a les àrees urbanes, amb un poder de predicció del nombre de banyistes considerable ( $r^2 = 0,8$ , p-valor  $< 0,05$ , n=9). Un augment en el cabal del riu es relacionava amb un augment de banyistes, mentre que un augment en la distància a les àrees urbanes es relacionava amb una reducció dels banyistes.

## Qualitat de l'aigua

Els cabals de les diferents gorgues variaven entre 0,05 i 25,4 L·s<sup>-1</sup> (Taula 1). El carboni orgànic dissolt va presentar variacions entre 0,56 i 2,37 mg·L<sup>-1</sup>, amb un increment general a la sortida de 0,06 ± 0,15 mg·L<sup>-1</sup>, tot i que no mostrava uns patrons clars de guany o pèrdua (Taula 3). Tanmateix, l'increment mitjà d'amoni fou de 0,034 ± 0,08 mg·L<sup>-1</sup>, també sense patrons clars de guany o pèrdua (Taula 4). D'altra banda, la cafeïna i l'EHMC van presentar patrons clars d'increment entre l'entrada i la sortida de la gorga. En concret, la cafeïna va manifestar una variació entre valors per sota del nivell de detecció i 700 ng·L<sup>-1</sup>, i un increment mitjà de 168 ± 230 ng·L<sup>-1</sup> (Taula 4). L'EHMC, al seu torn, va presentar variacions entre per sota del nivell de detecció i 159 ng·L<sup>-1</sup>, i un increment mitjà de 27 ± 48 ng·L<sup>-1</sup> (Taula 4). A partir dels increments en la concentració i del cabal del riu, es van estimar els increments en la càrrega (mg·dia<sup>-1</sup>), a partir dels quals es van obtenir els coeficients de generació per càpita (CGC), dividint les càrregues pel nombre de banyistes comptats. Així, el CGC de cafeïna es va es-



**Figura 15.** Models de regressió bivariants entre els factors de recreació i la freqüentació. A l'esquerra (a) es relaciona el cabal del riu amb el nombre de banyistes comptats. A la dreta (b), l'índex de popularitat (en escala logarítmica natural) amb la distància a l'àrea urbana més propera.

timar en  $8,49 \pm 8,6$  mg·persona<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup>, i el CGC d'EHMC en  $2,19 \pm 2,51$  mg·persona<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup>.

**Taula 4.** Resultats de l'anàlisi química obtinguts amb les mostres d'aigua recollides a l'entrada i a la sortida de cada gorga.

GORGA	Carboni orgànic dissolt (mg L <sup>-1</sup> )		Amoni (mg L <sup>-1</sup> )		EHMC (ng L <sup>-1</sup> )		Cafeïna (ng L <sup>-1</sup> )	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
BOJ	1,504	1,369	0,005	0,026	14,20	n.d.	85,50	n.d.
CAS	0,831	0,988	0,005	0,005	17,80	37,00	4,35	68,4
DUR	0,565	0,720	0,036	0,005	5,95	5,95	30,00	94,7
FAB	2,191	2,377	0,005	0,005	5,95	41,60	45,60	67,3
GRA	0,960	1,067	0,087	0,132	5,95	5,95	4,35	4,35
MUR	0,716	0,517	0,013	0,005	15,60	159,30	14,45	135,6
NEG	1,649	1,681	0,005	0,013	40,60	49,20	14,45	700,9
PEN	1,487	1,768	0,291	0,531	5,95	14,80	14,45	89,6
SMA	1,073	1,093	0,026	0,061	5,95	5,95	29,20	342,1

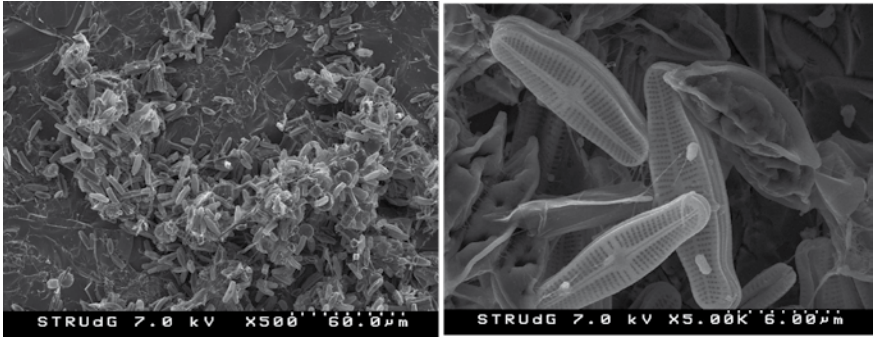
n.d. = no detectat

BOJ: Molí de Bojans, CAS: Castanyadell, DUR: Plana/Duran, FAB: Mas Fàbregues, GRA: Mas Gras, MUR: Molí dels Murris, NEG: Negre, PEN: Penjacans, SMA: Santa Margarida.



## Biodiversitat bacteriana

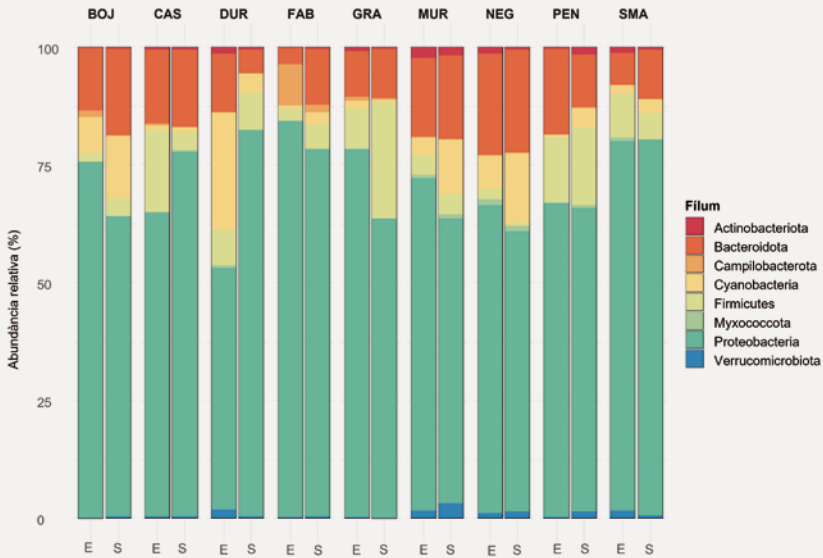
La comunitat bacteriana dels biofilms de les gorgues es va trobar principalment formada pel *phylum* taxonòmic *Proteobacteria*, amb valors entre el 49,5% i el 83,6% d'abundància relativa total, seguit per *Bacteroidota* ( $13,2 \pm 5,2$  %), *Firmicutes* ( $7,6 \pm 6,4$  %) i *Cyanobacteria* ( $5,7 \pm 6,4$  %) (Figures 16 i 17).



**Figura 16.** Fotografies de biofilms fluvials a 500X augments (esquerra) i a 5000X augments (dreta), fetes amb un microscopi electrònic de rastreig.

Es van trobar diferències en la composició dels *phylum* a l'entrada i a la sortida de les gorgues, en especial canvis en les abundàncies relatives de *Proteobacteria* i *Cyanobacteria*. Per exemple, es va observar a la sortida de la gorga de la Plana-Duran un increment remarcable de *Proteobacteria* (un increment del 62% d'abundància relativa, protagonitzat sobretot per la classe taxonòmica *Gammaproteobacteria*) i una reducció de les *Cyanobacteria* del 82% en comparació amb les mostres agafades a l'entrada del sistema. Quant a la diversitat alpha, també a la gorga de la Plana-Duran, s'hi va observar una forta reducció de la riquesa (nombre d'ASV, o espècies) i de l'índex de diversitat de Shannon entre l'entrada i la sortida del sistema (Figura 18). L'índex de diversitat de Shannon també va mostrar reduccions importants a la sortida de les gorgues de Santa Margarida i de Mas Gras. Tant la Plana-Duran com Santa Margarida formen part del conjunt de gorgues regulades del Brugent, amb una gran freqüentació de banyistes. D'altra banda, també es van observar en algunes gorgues, com Mas Fà-

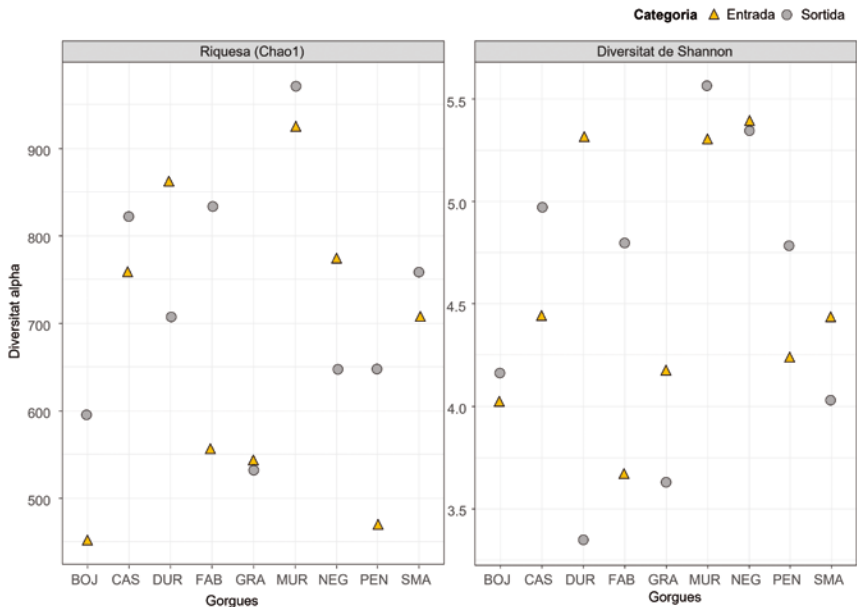
bregues i Penjacans, increments en la diversitat alpha entre l'entrada i la sortida de les gorgues, ja fos un augment de riquesa o un increment de l'índex de diversitat de Shannon.



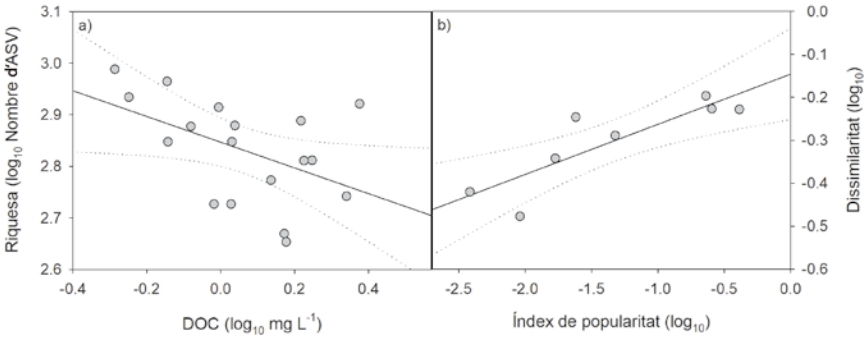
**Figura 17.** Abundància relativa (%) dels 5\* ! de bacteris més abundants (>5%) a l'entrada (E) i a la sortida (S) de cada gorga. BOJ: Molí de Bojons, CAS: Castanyadell, DUR: Plana/Duran, FAB: Mas Fàbregues, GRA: Mas Gras, MUR: Molí dels Murrís, NEG: Negre, PEN: Penjacans, SMA: Santa Margarida.

Es va analitzar la relació entre l'activitat recreativa, la qualitat de l'aigua i la biodiversitat bacteriana utilitzant models bivariants, per tal d'entendre les relacions generals entre els components biòtics i abiòtics dels sistemes, i per identificar canvis en la biodiversitat probablement provocats per canvis en la freqüentació. Amb relació a la freqüentació, cap dels canvis en la riquesa no va mostrar una relació directa amb les diferents mesures de freqüentació. No obstant això, es va observar una relació significativa entre l'índex de diversitat de Shannon i el nombre de banyistes ( $r^2 = 0,31$ , p-valor < 0,05, n=9) i amb el nombre de posts a Instagram ( $r^2 = 0,43$ , p-valor < 0,05, n=9). La força d'aquestes relacions aug-

mentava considerablement si s'excloïa la gorga de Mas Fàbregues (FAB) dels models, un gorga amb un índex de popularitat molt baix però amb molts banyistes a causa de la proximitat a una casa de colònies. Així, un cop exclosa la gorga de Mas Fàbregues, la relació entre l'índex de popularitat i el de dissimilaritat era més forta ( $r^2 = 0,50$ ,  $p$ -valor  $< 0,05$ ,  $n=8$ ); aquesta relació es mostrava encara més potent si es feia servir un model logarítmic ( $r^2 = 0,73$ ,  $p$ -valor  $< 0,05$ ,  $n=8$ ) (Figura 19a). Pel que fa a la qualitat de l'aigua, considerant totes les mostres com a localitzacions independents (és a dir, no aparellades per entrada i sortida de cada gorga), es va observar una relació logarítmica significativa entre la riquesa i el carboni orgànic dissolt ( $r^2 = 0,23$ ,  $p$ -valor  $< 0,05$ ,  $n=18$ ) (Figura 19b). També es van analitzar els canvis en la comunitat bacteriana en relació amb els canvis en la qualitat de l'aigua, i s'apreciava així una connexió significativa entre canvis en la cafeïna i canvis en la riquesa ( $r^2 = 0,22$ ,  $p$ -valor  $< 0,05$ ,  $n=9$ ).



**Figura 18.** Índex de riquesa (Chao1) i índex de diversitat de Shannon a l'entrada i a la sortida de cada gorga. BOJ: Moli de Bojons, CAS: Castanyadell, DUR: Plana/Duran, FAB: Mas Fàbregues, GRA: Mas Gras, MUR: Moli dels Murrís, NEG: Negre, PEN: Penjacans, SMA: Santa Margarida.



**Figura 19.** Models de regressió bivariante entre el carboni orgànic dissolt i l'índex de riquesa (a) i entre l'índex de popularitat i l'índex de dissimilaritat (b). Els quatre valors es presenten en escala logarítmica. La figura (a) utilitza les entrades i sortides com a observacions independents (n=18), mentre que la figura (b) exclou FAB del model (n=8).

# 4.

## DISCUSSIÓ

### Factors que influencien la freqüentació

La freqüentació es va analitzar tant a partir del nombre de banyistes comptats el dia de mostreig com a partir de l'índex de popularitat, mentre que els factors eren d'àmbit local o regional. Tant pel nombre de banyistes com per l'índex de popularitat, els factors relacionats amb les dimensions de la gorga (com la superfície de la làmina d'aigua) van resultar rellevants, tot i que el cabal i la fondària màxima van ser identificats com els factors més importants. La distància a l'àrea urbana més propera també va esdevenir un factor destacat, i la relació exponencial entre la distància i l'índex de popularitat apunta que la proximitat a les àrees urbanes és més important que l'accessibilitat per carreteres a l'hora d'explicar la freqüentació d'una gorga determinada. En resum, atributs propis de la gorga, com el cabal o la fondària, i atributs externs, com la distància a les àrees urbanes, es combinen per generar més o menys fluxos de visitants a una gorga específica.

### Impactes del bany recreatiu

L'impacte del bany recreatiu en els nutrients analitzats (carboni orgànic dissolt i amoni) va ser poc significatiu, sense mostrar patrons clars d'increment o pèrdua entre l'entrada i la sortida de cada gorga. Aquests resultats difereixen d'estudis previs en què es va

observar un increment del nitrogen i del fòsfor totals a causa del bany recreatiu en rius australians (Butler et al., 2021). Les diferències entre els nostres resultats i els resultats reportats per l'estudi australià es poden explicar per la diferència entre els ecosistemes analitzats, ja que les nostres gorgues tenen temps de residència de l'aigua més llargs que els rius mesurats en l'estudi australià. Així, el probable efecte del bany recreatiu en ambdós compostos podria haver quedat emmascarat per les dinàmiques naturals de les gorgues, que actuen com a reactors biogeoquímics a causa dels llargs temps de residència de l'aigua i a la capacitat de retenció de partícules sòlides (com, per exemple, restes de matèria orgànica) (Larned et al., 2010). Tot i això, l'impacte de contaminants emergents com la cafeïna i els filtres solars s'ha pogut demostrar clarament, amb increments en les concentracions en quasi totes les gorgues analitzades. Pel que fa a la cafeïna, es van observar increments generals al voltant de  $190 \text{ ng}\cdot\text{L}^{-1}$ , un valor més alt que les concentracions del *Predicted No-Effect Concentrations* (PNEC, concentració del tòxic que marca el límit per sota del qual no s'observen efectes adversos per l'exposició), al voltant de  $100 \text{ ng}\cdot\text{L}^{-1}$  (di Lorenzo et al., 2019). El CGC estimat, al voltant del  $8,49 \text{ mg}\cdot\text{persona}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$  és semblant al CGC reportat en altres estudis (per exemple,  $15,8 \pm 3,8 \text{ mg}\cdot\text{persona}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$  a Zuric [Buerge et al., 2003]). Cal esmentar que aquests valors es basen en mostres agafades en els influents de depuradores, mentre que les nostres estan basades en mostres extretes en ecosistemes naturals. Les diferències entre els nostres CGC estimats i els d'estudis previs, pel que fa a magnitud i variabilitat, poden ser provocades per una alta variabilitat de les gorgues analitzades en contrast amb els influents de les depuradores. També perquè probablement no tots els banyistes orinen dins la gorga. Pel que fa als filtres solars (EHMC), l'increment mitjà observat va ser de  $27 \text{ ng}\cdot\text{L}^{-1}$ , un valor molt semblant al calculat com a susceptible d'influenciar l'expressió genètica del peix *Pimephales promelas* ( $37,5 \text{ ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (Christen et al., 2011). Fins allà on tenim coneixement, la nostra estimació del CGC al voltant de  $2,19 \text{ mg}\cdot\text{persona}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$  és la primera que es publica per a eco-

sistemes d'aigua dolça, fent-ne impossible la comparació, tot i que les estimacions d'altres filtres UV oscil·len entre 0,21 i 3,4 mg·persona<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup> (O'Malley et al., 2019). En el cas d'ecosistemes litorals marins, s'ha trobat un relació positiva entre el nombre de banyistes i la concentració d'EHMC en platges japoneses, però sense patrons definits (Sankoda et al., 2015).

Alguns estudis previs afirmen que les activitats recreatives en ecosistemes d'aigua dolça afecten negativament la qualitat de l'aigua i la qualitat microbiològica (Phillip et al., 2009; Welch et al., 2017; Iñiguez-Armijos et al., 2020; Butler et al., 2021). La majoria d'aquests estudis va trobar que un increment de banyistes augmentava les concentracions del bacteri *E. Coli*, així com altres coliforms fecals, fet que posa en risc, doncs, no només els ecosistemes, sinó també la salut humana (Phillip et al., 2009). No obstant això, els impactes del bany recreatiu en els biofilms no s'han estudiat mai en gorgues. Els nostres resultats evidencien que l'impacte del bany recreatiu en la biodiversitat bacteriana bentònica és rellevant, sobretot per aquelles gorgues més freqüentades, on tant la riquesa com l'índex de diversitat de Shannon presenten davallades entre l'entrada i la sortida de la gorga. Aquests resultats es poden explicar pels canvis en la composició de la comunitat bacteriana, que pot haver canviat directament per la pressió del bany recreatiu o indirectament pels canvis en la qualitat de l'aigua. Així, la riquesa de la comunitat bacteriana es redueix a mesura que el carboni orgànic dissolt augmenta, amb una relació que no s'ha evidenciat com a lineal, sinó com a logarítmica. És a dir, les reduccions en la riquesa provocades pels increments del carboni dissolt són més importants quan es passa de concentracions baixes a mitges que quan es passa de concentracions mitges a altes. A això hi hem de sumar que el model genera prediccions més acurades amb concentracions baixes de carboni orgànic dissolt. En resum, els increments que es produeixen quan la concentració és baixa (per exemple, de 0,05 mg·L<sup>-1</sup> a 1 mg·L<sup>-1</sup>) generen reduccions importants en la riquesa de la comunitat bacteriana. Mentre

que els increments de concentracions mitjanes ( $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) a altes ( $>2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) probablement generen canvis relatius menys rellevants en la riquesa d'aquestes comunitats. És interessant esmentar que la relació entre l'índex de popularitat i l'índex de dissimilaritat de les comunitats bacterianes també presenta forma logarítmica. És a dir, els increments en la dissimilaritat provocats per un augment de la popularitat són més intensos quan hi ha un increment de popularitat de baix a mig que quan es passa d'un valor de popularitat mig a un d'alt. Finalment i recapitulant, els nostres resultats mostren clarament que petits canvis en el carboni orgànic dissolt o en el nombre de banyistes afecten sens dubte la biodiversitat bacteriana de les gorgues. Per tant, són uns resultats que s'haurien de tenir en compte en els plans de gestió i conservació d'aquests ecosistemes. Tot i que els patrons trobats són relativament consistents, les nostres conclusions amb relació a l'impacte en la biodiversitat han de ser tractades amb precaució, ja que el focus s'ha posat en la biodiversitat bacteriana. Es podrien haver trobat patrons diferents si s'hagués centrat en comunitats de peixos o d'amfibis (Perujo et al., 2021; Schafft et al., 2021).

## Capacitat de càrrega

El nostre objectiu era desenvolupar un mètode per determinar la capacitat de càrrega adaptativa, que depengués del cabal del riu. És a dir, que el nombre màxim de banyistes es pogués calcular a partir del cabal circulant per la gorga. Això implica diferents capacitats de càrrega en funció de la gorga, però també en funció de l'època de l'any, depenent de la variabilitat en les precipitacions i, per tant, del cabal. Es va aproximar la capacitat de càrrega a partir de la qualitat de l'aigua i de la biodiversitat bacteriana.

Respecte a la qualitat de l'aigua, només es van analitzar dos nutrients, que es van mostrar poc relacionats amb el bany recreatiu, i dos contaminants emergents, que es van mostrar relacionats amb



el bany recreatiu i, en conseqüència, podrien ser utilitzats com a marcadors de la freqüentació en una gorga. El mètode més senzill per determinar la capacitat de càrrega seria, doncs, identificar el nombre de banyistes que poden provocar una concentració final més alta que el PNEC. Això comporta saber el cabal i la qualitat de l'aigua com a concentració del contaminant a l'entrada de la gorga.

### Equació 1

$$\text{Banyistes} = \frac{(\text{Cabal} \cdot (\text{PNEC} - \text{Concentració a l'entrada}))}{(\text{Coeficient de generació per càpita})}$$

Tot i que només es van considerar dos contaminants, la capacitat de càrrega es va poder estimar en funció del contaminant més restrictiu. La incertesa amb aquest mètode és alta, atès que la capacitat de càrrega es veu molt influenciada en els valors de PNEC, que varien no només entre contaminants, sinó també per a un mateix contaminant en funció de l'organisme utilitzat i de les condicions de l'assaig ecotoxicològic (per exemple, temps d'exposició o variable mesurada). Una revisió dels valors PNEC d'un altre contaminant emergent, el diclofenac, va evidenciar que hi havia diferències de fins a quatre ordres de magnitud entre els valors PNEC reportats (Acuña et al., 2015). Malgrat la incertesa en els valors PNEC, el nombre de banyistes per arribar als valors PNEC de cafeïna seria d'entre 0,04 i 70,8 persones per dia, mentre que si s'agafa l'EHMC com a referència, el nombre de banyistes oscil·laria entre 0 i 18 persones per dia. Els valors obtinguts pels dos compostos són relativament similars, com també ho són la capacitat de càrrega estimada i el nombre observat de banyistes. Mentre que en alguns casos el nombre de banyistes estava per sota de la capacitat de càrrega, com per exemple la gorga de la Plana-Duran o a la gorga de la riera Penjacans, en altres estava per sobre, per exemple a la riera de Castanyadell o a Mas Fàbregues

(Taula 5). És a dir, tot i que algunes gorgues encara presentaven un cert marge per acollir més banyistes, no era així per a la majoria de gorgues considerades.

**Taula 5.** Freqüentació i capacitat de càrrega estimada.

GORGA	Observat	Capacitat de càrrega (cafeïna)
BOJ	44	3,6
CAS	4	10,7
DUR	92	18,1
FAB	36	7,4
GRA	3	6,4
MUR	50	18
NEG	3	0,09
PEN	3	0,04
SMA	24	12,8

BOJ: Molí de Bojons, CAS: Castanyadell, DUR: Plana/Duran, FAB: Mas Fàbregues, GRA: Mas Gras, MUR: Molí dels Murrís, NEG: Negre, PEN: Penjacans, SMA: Santa Margarida.

Pel que fa a la biodiversitat bacteriana, l'objectiu era identificar llindars en el nombre de visitants a partir dels quals la comunitat bacteriana patia canvis abruptes. Aquests llindars no es van poder detectar a partir de les dades obtingudes. No obstant això, la relació (a escala logarítmica) entre la freqüentació i els canvis en la biodiversitat indiquen que el bany recreatiu té un cert impacte en

**Figura 20.** Molí de Bojons, riera Major (Sant Sadurní d'Osormort).



la comunitat bacteriana i, per extensió, en la biodiversitat present a les gorgues, tot i que amb cautela, ja que l'impacte observat no era directament proporcional a la freqüentació quan aquesta es trobava en els valors alts de la forquilla. Conseqüentment, si l'objectiu és conservar una gorga pel seu rol ecològic, cal prohibir per complet el bany recreatiu o definir capacitats de càrrega extremament baixes, mentre que les capacitats de càrrega poden ser molt més altes en aquelles gorgues on la preservació de la biodiversitat no sigui prioritària.

En general, la qualitat de l'aigua està clarament relacionada amb el bany recreatiu a les gorgues, i l'increment de determinats contaminants amb una ecotoxicitat alta (PNEC baixos) pot tenir efectes importants en la pèrdua de biodiversitat. La cafeïna i l'EHMC només són dos dels molts contaminants associats al bany recreatiu que poden causar danys a les espècies d'aigua dolça; els altres contaminants també es podrien utilitzar per determinar les capacitats de càrrega. Les implicacions per a la gestió de les gorgues són relativament senzilles. Primer, cal considerar si la gorga té un alt valor ecològic. En aquest cas, el més recomanat és prohibir-hi el bany recreatiu. Si no és el cas, la recomanació és establir una capacitat de càrrega seguint l'equació 1, que permet definir aquesta capacitat de càrrega de forma adaptativa, en funció del cabal i de la qualitat de l'aigua a l'entrada de la gorga. L'ideal seria fer aquest càlcul a l'inici de la temporada de màxima afluència, potser a principis de juny, atès que aleshores el cabal ja serà indicatiu del que hi haurà al llarg de l'estiu i es podran detectar les possibles diferències d'any a any per a una mateixa gorga. Per tant, les entitats gestores haurien de fer aquest càlcul de manera anual, per definir l'aforament dels gorgs on s'hagi determinat que es vol permetre la recreació.



**Figura 21.** Gorga de Santa Margarida, riu Brugent (les Planes d'Hostoles).

# 5. CONCLUSIONS

Les gorgues són generalment els únics hàbitats aquàtics permanents en climes mediterranis, com els d'alguns llocs de Catalunya, incloent-hi les Guilleries. Són, per tant, refugi d'espècies d'aigua dolça vegetals i animals. Tanmateix, els mesos d'estiu també esdevenen un refugi per a l'espècie humana, amb la qual cosa es converteixen sovint en llocs molt freqüentats on la biodiversitat es veu amenaçada. L'objectiu d'aquest estudi és analitzar quins són els factors que impulsen les persones a visitar determinades gorgues, estimar la relació entre la freqüentació i els impactes en la qualitat de l'aigua i en la biodiversitat bacteriana, i desenvolupar un mètode per establir la capacitat de càrrega (nombre de visitants per dia) de cada gorga. Els resultats indiquen que el bany recreatiu té impactes tant en la qualitat de l'aigua com en la biodiversitat, i que els canvis en la biodiversitat són especialment ràpids quan la freqüentació passa de nul·la a poca. Aquests resultats demostren que, des d'un punt de vista de la conservació, cal prohibir completament el bany recreatiu en les gorgues amb un alt valor ecològic, i en la resta es pot determinar la capacitat de càrrega a partir del cabal i la qualitat de l'aigua d'entrada a la gorga. No obstant això, de les nou gorgues analitzades en aquest estudi, només tres es troben dins d'espais naturals protegits (el gorg Negre dins del PN Montseny, la riera de Castanyadell dins del PEIN Guilleries, i la Gorga de la Plana-Duran dins del PN de

la Zona Volcànica de la Garrotxa). Quan les gorgues són fora de l'àmbit d'un espai protegit, la gestió recau en el municipi corresponent, cosa que dificulta la imposició de mesures restrictives.

# 6.

## BIBLIOGRAFIA

- Acuña, V.; Ginebreda, A.; Mor, J. R.; Petrovic, M.; Sabater, S.; Sumpster, J. P.; Barceló, D. (2015). «Balancing the health benefits and environmental risks of pharmaceuticals: Diclofenac as an example». *Environ Int*, 85, p. 327-333.
- Beck, H. E.; Zimmermann, N. E.; McVicar, T. R.; Vergopolan, N.; Berg, A.; Wood, E. F. (2018). «Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution». *Scientific Data*, 5, p. 1-12.
- Bisson, P. A.; Montgomery, D. R. (1996). «Valley segments, stream reaches, and channel units». A: *Methods in Stream Ecology* (eds. Hauer, F.R.; Lamberti, G. A.). San Diego (EUA): Academic Press, p. 23-53.
- Bogan, M. T.; Boersma, K. S.; Lytle, D. A. (2015). «Resistance and resilience of invertebrate communities to seasonal and suprasedonal drought in arid-land headwater streams». *Freshwater Biology*, 60, p. 2547-2558.
- Bolyen, E.; Rideout, J. R.; Dillon, M. R.; Bokulich, N. A.; Abnet, C. C.; Al-Ghalith, G. A.; Alexander, H.; Alm, E. J.; Arumugam, M.; Asnicar, F.; Bai, Y.; Bisanz, J. E.; Bittinger, K.; Brejnrod, A.; Brislawn, C.J.; Brown, C. T.; Callahan, B. J.; Caraballo-Rodríguez, A. M.; Chase, J.; Cope, E. K.; da Silva, R.; Diener, C.; Dorrestein, P. C.; Douglas, G. M.; Durall, D. M.; Duvall, C.; Edwardson, C. F.; Ernst, M.; Es-



- taki, M.; Fouquier, J.; Gauglitz, J. M.; Gibbons, S. M.; Gibson, D. L.; Gonzalez, A.; Gorlick, K.; Guo, J.; Hillmann, B.; Holmes, S.; Holste, H.; Huttenhower, C.; Huttley, G. A.; Janssen, S.; Jarmusch, A. K.; Jiang, L.; Kaehler, B. D.; Kang, K. bin, Keefe, C. R.; Keim, P.; Kelley, S. T.; Knights, D.; Koester, I.; Kosciulek, T.; Kreps, J.; Langille, M. G. I.; Lee, J.; Ley, R.; Liu, Y. X.; Loftfield, E.; Lozupone, C.; Maher, M.; Marotz, C.; Martin, B. D.; McDonald, D.; McIver, L. J.; Melnik, A. V.; Metcalf, J. L.; Morgan, S. C.; Morton, J. T.; Naimy, A. T.; Navas-Molina, J. A.; Nothias, L. F.; Orchanian, S. B.; Pearson, T.; Peoples, S. L.; Petras, D.; Preuss, M. L.; Pruesse, E.; Rasmussen, L. B.; Rivers, A.; Robeson, M. S.; Rosenthal, P.; Segata, N.; Shaffer, M.; Shiffer, A.; Sinha, R.; Song, S. J.; Spear, J. R.; Swafford, A. D.; Thompson, L. R.; Torres, P. J.; Trinh, P.; Tripathi, A.; Turnbaugh, P. J.; Ul-Hasan, S.; van der Hoof, J. J. J.; Vargas, F.; Vázquez-Baeza, Y.; Vogtmann, E.; von Hippel, M.; Walters, W.; Wan, Y.; Wang, M.; Warren, J.; Weber, K. C.; Williamson, C. H. D.; Willis, A. D.; Xu, Z. Z.; Zaneveld, J. R.; Zhang, Y.; Zhu, Q.; Knight, R.; Caporaso, J. G. (2019). «Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2». *Nature Biotechnology*, 37, p. 852-857.
- Brausch, J. M.; Rand, G. M. (2011). «A review of personal care products in the aquatic environment: Environmental concentrations and toxicity». *Chemosphere*, 85, p. 1518-1532.
- Buerge, I. J.; Poiger, T.; Müller, M. D.; Buser, H. R. (2003). «Caffeine, an anthropogenic marker for wastewater contamination of surface waters». *Environmental Science and Technology*, 37, p. 691-700.
- Butler, B.; Pearson, R. G.; Birtles, R. A. (2021). «Water-quality and ecosystem impacts of recreation in streams: Monitoring and management». *Environmental Challenges*, 5, p. 100-328.
- Chen, Z.; Pavelic, P.; Dillon, P.; Naidu, R. (2002). «Determination of caffeine as a tracer of sewage effluent in natural waters by on-line solid-phase extraction and liquid chromatography with diode-array detection. *Water Research*, 36, p. 4830-4838.
- Christen, V.; Zucchi, S.; Fent, K. (2011). «Effects of the UV-filter 2-ethyl-hexyl-4-trimethoxycinnamate (EHMC) on expression of

- genes involved in hormonal pathways in fathead minnows (*Pimephales promelas*) and link to vitellogenin induction and histology». *Aquatic Toxicology*, 102, p. 167-176.
- Gudmundsson, L.; Boulange, J.; Do, H. X.; Gosling, S. N.; Grillakis, M. G.; Koutroulis, A. G.; Leonard, M.; Liu, J.; Schmied, H. M.; Papadimitriou, L.; Pokhrel, Y.; Seneviratne, S. I.; Satoh, Y.; Thiery, W.; Westra, S.; Zhang, X.; Zhao, F. (2021). «Globally observed trends in mean and extreme river flow attributed to climate change». *Science* (1979), 371, p. 1159-1162.
- Hastie, T.; Tibshirani, R.; Friedman, J. H. (2009). «Model Assessment and Selection». A: *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*. Nova York: Springer, p. 758.
- Iñiguez-Armijos, C.; Sánchez, J.; Villareal, M.; Aguilar, S.; Rosado, D. (2020). «Effects of bathing intensity, rainfall events, and location on the recreational water quality of stream pools in southern Ecuador». *Chemosphere*, 243.
- Larned, S. T.; Datry, T.; Arscott, D. B.; Tockner, K. (2010). «Emerging concepts in temporary-river ecology». *Freshwater Biology*, 55, p. 717-738.
- Llanos-Paez, O.; Acuña, V. (2022). «Analysis of the socio-ecological drivers of the recreational use of temporary streams and rivers». *Science of the Total Environment*, 807.
- Lorenz, S.; Pusch, M. T. (2012). «Estimating the recreational carrying capacity of a lowland river section». *Water Science and Technology*, 66, p. 2033-2039.
- Di Lorenzo, T.; Castaño-Sánchez, A.; di Marzio, W. D.; García-Doncel, P.; Nozal Martínez, L.; Galassi, D. M. P.; Iepure, S. (2019). «The role of freshwater copepods in the environmental risk assessment of caffeine and propranolol mixtures in the surface water bodies of Spain». *Chemosphere*, 220, p. 227-236.
- McDonald, D.; Price, M. N.; Goodrich, J.; Nawrocki, E. P.; Desantis, T. Z.; Probst, A.; Andersen, G. L.; Knight, R.; Hugenholtz, P. (2012). «An improved Greengenes taxonomy with explicit ranks for eco-

- logical and evolutionary analyses of bacteria and archaea». *ISME Journal*, 6, p. 610-618.
- Messenger, M. L.; Lehner, B.; Cockburn, C.; Lamouroux, N.; Pella, H.; Snelder, T.; Tockner, K.; Trautmann, T.; Watt, C.; Datry, T. (2021). «Global prevalence of non-perennial rivers and streams». *Nature*, 594, p. 391-397.
- O'Malley, E.; O'Brien, J. W.; Tscharke, B.; Thomas, K. V.; Mueller, J. F. (2019). «Per capita loads of organic UV filters in Australian wastewater influent». *Science of the Total Environment*, 662, p. 134-140.
- Perujo, N.; van den Brink, P. J.; Segner, H.; Mantyka-Pringle, C.; Sabater, S.; Birk, S.; Bruder, A.; Romero, F.; Acuña, V. (2021). «A guideline to frame stressor effects in freshwater ecosystems». *Science of the Total Environment*, 777, 146112.
- Phillip, D. A. T.; Antoine, P.; Cooper, V.; Francis, L.; Mangal, E., Seepersad, N.; Ragoo, R.; Ramsaran, S.; Singh, I.; Ramsubhag, A. (2009). «Impact of recreation on recreational water quality of a small tropical stream». *Journal of Environmental Monitoring*, 11, p. 1192-1198.
- Randler, C.; Tryjanowski, P.; Jokimäki, J.; Kaisanlahti-Jokimäki, M. L.; Staller, N. (2020). «SARS-CoV2 (COVID-19) pandemic lockdown influences nature-based recreational activity: The case of birders». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, p. 1-16.
- Sankoda, K.; Murata, K.; Tanihata, M.; Suzuki, K.; Nomiyama, K.; Shinohara, R. (2015). «Seasonal and Diurnal Variation of Organic Ultraviolet Filters from Personal Care Products Used Along the Japanese Coast». *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 68, p. 217-224.
- Schafft, M.; Wegner, B.; Meyer, N.; Wolter, C.; Arlinghaus, R. (2021). «Ecological impacts of water-based recreational activities on freshwater ecosystems: A global meta-analysis». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288.

- Shelby, B.; Heberlein, T. A. (1984). «A conceptual framework for carrying capacity determination». *Leisure Sciences*, 6, p. 433-451.
- Sheldon, F.; Bunn, S. E.; Hughes, J. M.; Arthington, A. H.; Balcombe, S. R.; Fellows, C. S. (2010). «Ecological roles and threats to aquatic refugia in arid landscapes: Dryland river waterholes». *Marine and Freshwater Research*, 61, p. 885-895.
- Tenkanen, H.; di Minin, E.; Heikinheimo, V.; Hausmann, A.; Herbst, M.; Kajala, L.; Toivonen, T. (2017). «Instagram, Flickr, or Twitter: Assessing the usability of social media data for visitor monitoring in protected areas». *Sci Rep*, 7, p. 1-11.
- Venter, Z. S.; Barton, D. N.; Gundersen, V.; Figari, H.; Nowell, M. (2020). «Urban nature in a time of crisis: Recreational use of green space increases during the COVID-19 outbreak in Oslo, Norway». *Environmental Research Letters*, 15.
- Welch, S. A.; McAdams, B. C.; Goldsmith, S. T.; Trierweiler, A. M.; von Bargen, J. M.; Deuerling, K.; Carey, A. E. (2017). «Impact of anthropogenic disturbance on the chemistry of a small urban pond». *Applied Geochemistry*, 83, p. 158-170.



# 7. ANNEX

## Resum de totes les gorgues identificades a l'àmbit de les Guillerries-Montseny-Savassona

Nom	Ressenyes a Google	Posts a Instagram	Núm. de rutes Wikiloc
Gorg del Molí dels Murrís	1.508	432	888
Gorgues de Santa Margarida	539	737	370
Gorg de la Plana	187	710	598
Gorg de Can Poeti	553	142	556
Pont de Malafogassa	94	213	169
Salt de la Dona d'Aigua	230	125	155
Gorga d'en Vilà	30	38	778
Gorg de la Pedrera d'en Biel	0	0	578
Gorg del Molí	4	0	199
Gorg Negre	2	0	181
Gorg de la Llaura	0	0	292
Gorga les Canals	0	0	229
Gorg Pont dels Senglars	0	0	199
Gorg Negre inferior	0	0	181
Gorg de l'Esquei Blau	1	0	93
Molí de Bojons	39	25	52
Gorg de Can Minguet	0	0	68
Gorg de Dalt	23	8	331
Gorg amb cascada - Riera d'Osor	0	0	51
Gorg de Lion	0	0	51
Mines d'Osor - Santa Bàrbara	0	0	41
Grevolosa 1	0	0	38

Posició a Google	Posició a Instagram	Posició a Wikiloc	Posició final	Motiu per descartar?
1	3	1	0,26	No
3	1	8	0,45	No
5	2	4	0,54	No
2	5	7	0,58	No
6	4	16	1,00	És un tram de riu
4	6	18	1,03	No és un gorg
9	8	3	1,12	Gorga d'origen antròpic
15	19	5	1,17	No
12	19	15	1,21	No
13	19	15	1,28	No
15	19	13	1,37	No
15	19	14	1,39	No
15	19	15	1,41	No
15	19	16	1,44	No
14	19	20	1,47	No
8	8	22	1,50	No
15	19	21	1,56	No
10	12	11	1,60	No
15	19	23	1,60	No
15	19	23	1,60	No
15	19	24	1,63	No
15	19	25	1,65	No

Nom	Ressenyes a Google	Posts a Instagram	Núm. de rutes Wikiloc
Gorga del Diable	9	5	347
Riera Major	52	18	30
Gorg de Baix/Penjacans	0	25	344
Grevolosa 3 i 4	0	0	37
Grevolosa 2-7	0	0	37
Gorg Torrent de la Font del Gavatx	0	0	34
Gorg Torrent de la Font del Gavatx 2	0	0	34
Salt de Sant Martí	1	5	795
Gorg del Duran	0	6	576
Gorg d'en Boix	0	0	17
Gorg de Tifell	0	0	15
Gorga d'en Paulí	0	0	15
Engorjat (gorga i salt)	0	0	13
Grevolosa 5, 6, 7 i 8	0	0	11
Gorg dels Homes	0	0	10
Gorg d'en Turí	0	0	7
Gorgs Terrats	0	0	5
Gorg de Can Gras	0	0	5
Grevolosa 10	0	0	3
Gorg de la Mola	0	4	331
Gorg de l'Olla	2	3	95
Gorga de la Plana	0	15	28
Gorg d'en Valls	0	2	162

\* La posició final és un índex calculat a partir de les posicions a Google, Instagram i Wikiloc. Com més petit és el valor, més amunt està la gorga en el rànquing.



Posició a Google	Posició a Instagram	Posició a Wikiloc	Posició final	Motiu per descartar?
11	14	9	1,73	No
7	9	32	1,73	És un tram de riu
15	9	10	1,74	No
15	19	30	1,77	No
15	19	30	1,77	No
15	19	31	1,79	No
15	19	31	1,79	No
14	15	2	1,81	No
15	13	6	1,87	No
15	19	34	1,87	No
15	19	35	1,89	No
15	19	35	1,89	No
15	19	37	1,94	No
15	19	38	1,96	No
15	19	39	1,98	No
15	19	40	2,01	No
15	19	41	2,03	No
15	19	41	2,03	No
15	19	42	2,06	No
15	16	12	2,17	No
13	16	19	2,21	No
15	11	33	2,40	No
15	18	17	2,40	No

A conseqüència de la pandèmia, la presència humana ha augmentat considerablement als espais naturals més propers; sobretot a l'estiu, quan les gorgues i els rius són freqüentats per banyistes i excursionistes. Aquest fet pot empitjorar la salut dels ambients naturals per causa dels efectes de l'empremta humana (trepig, dejeccions, brossa...), i fins i tot pot arribar a posar en risc la supervivència d'algunes espècies animals i vegetals.

Els autors d'aquest estudi han valorat l'impacte de l'activitat recreativa, especialment del bany i l'ús dels marges, a nou gorgues del massís de les Guillerries, el Montseny i la vall del Brugent. La preservació de l'entorn hi té una rellevància especial, perquè es tracta d'espais naturals protegits i cada cop més vulnerables. És responsabilitat i feina de tots prendre consciència de la necessitat de modificar alguns dels nostres hàbits per afavorir la conservació de la natura que ens envolta.

Aquest treball és fruit del Premi de Recerca Guillerries 2020, atorgat per la Càtedra interuniversitària de l'Aigua, Natura i Benestar, impulsada per l'Ajuntament de Sant Hilari Sacalm, la Universitat de Vic – Universitat Central de Catalunya i la Universitat de Girona.

