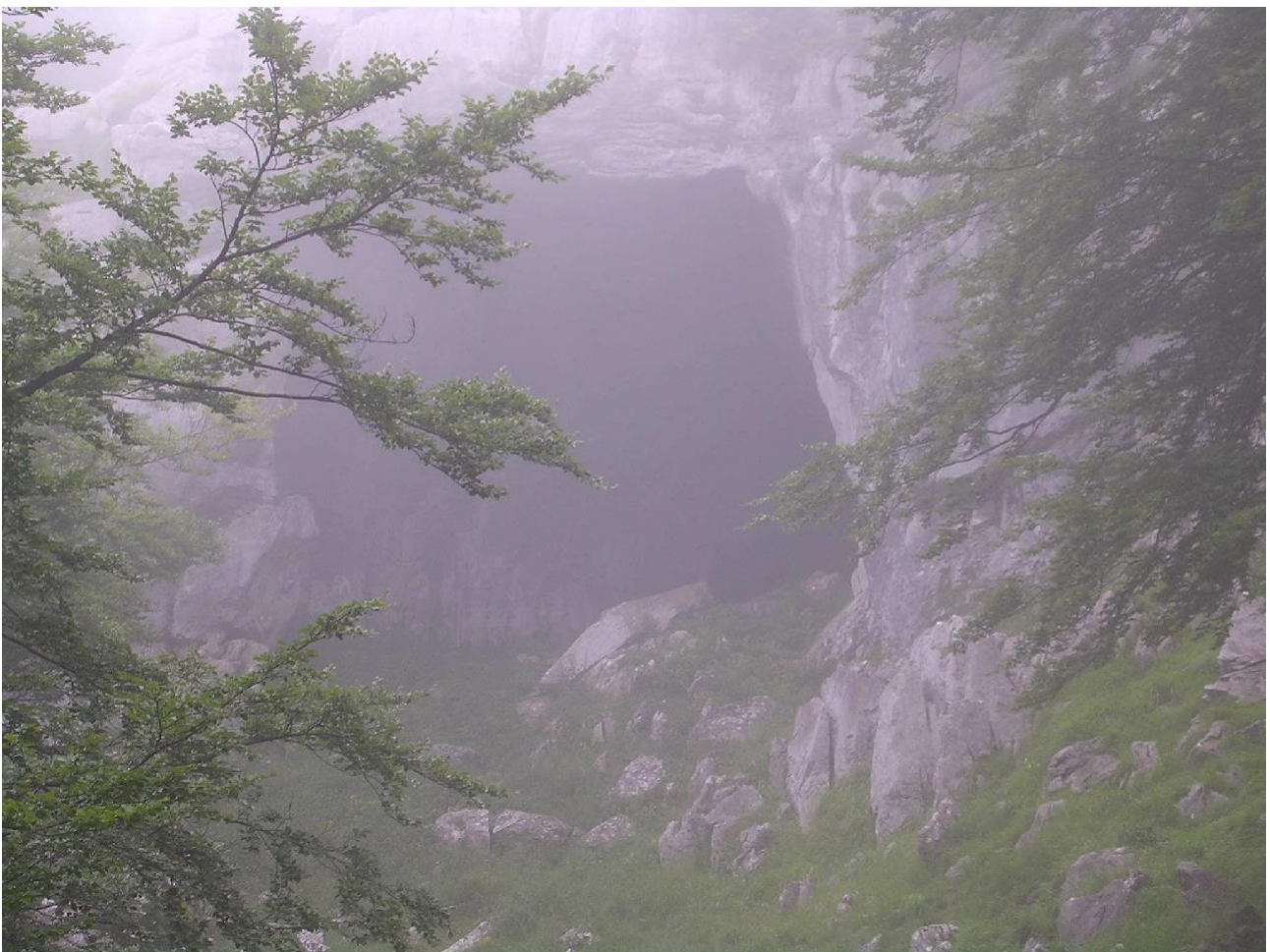


ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD DE
OLIGOQUETOS ACUÁTICOS
SUBTERRÁNEOS
EN EL PARQUE NATURAL DE GORBEIA



Informe final del proyecto
AINARA ACHURRA
PILAR RODRIGUEZ

RESUMEN: El conocimiento de los oligoquetos acuáticos subterráneos en la península Ibérica es aún muy escaso, pero los datos disponibles sugieren que la región Cantábrica puede presentar un nivel importante de biodiversidad y endemismo para la fauna acuática subterránea. Es por ello que se han planteado como objetivos 1) contribuir al conocimiento de las especies de oligoquetos acuáticos subterráneos en el sistema kárstico de Gorbeia, 2) describir nuevos taxones, 3) aplicar índices de biodiversidad basados en los oligoquetos acuáticos para 4) contribuir a los planes de conservación del sistema kárstico estudiado. Se han determinado 38 taxones de oligoquetos acuáticos subterráneos en el karst de Gorbeia, tres de los cuales posiblemente sean especies nuevas para la Ciencia, por lo que se procederá a su descripción. Entre las especies halladas destacan siete especies estigobias y seis endémicas del Norte de la península y Sur de Francia. Estas especies son más vulnerables a las perturbaciones del medio natural por lo que es necesaria la conservación medio acuático subterráneo para su protección. A partir de los datos faunísticos obtenidos, se han calculado cuatro índices de biodiversidad que han permitido detectar cuevas y surgencias con valores altos de biodiversidad. Estos resultados pueden contribuir a los planes de gestión y conservación del medio acuático subterráneo en el Parque Natural de Gorbeia

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN.....	pag. 3
2. OBJETIVOS.....	pag. 5
3. ÁREA DE ESTUDIO: UNIDAD HIDROGEOLOGICA ITXINA	pag. 6
4. METODOLOGÍA.....	pag. 8
4.1. PUNTOS DE MUESTREO	pag. 8
4.2. CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT.....	pag. 10
4.3. MUESTREO Y PROCESADO DE FAUNA ACUÁTICA SUBTERRÁNEA	pag. 12
4.4. ESTUDIO TAXONÓMICO.....	pag. 13
4.5. ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD.....	pag. 15
4.6. PATRONES DE RAREZA A ESCALA LOCAL	pag. 20
4.7. MODELOS PREDICTIVOS.....	pag. 21
5. RESULTADOS	pag. 22
6. DISCUSIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS LOCALIDADES ESTUDIADAS.....	pag. 31
7. BIBLIOGRAFÍA.....	pag. 35
8. ANEXOS.....	pag. 39

1. INTRODUCCIÓN


Los sistemas kársticos de la costa Cantábrica se encuentran situados en el área que engloba el hipotético cinturón de alta biodiversidad descrito para los taxones subterráneos terrestres, entre los 42 y 46° N de latitud en el Sur de Europa, en áreas templadas de alta productividad y alta densidad de cuevas (Culver et al. 2006). Se trata, por tanto, de una zona potencialmente muy rica en especies subterráneas y que posiblemente tenga su correspondencia con la menos conocida fauna acuática.

En los últimos veinte años se han descrito en la península Ibérica 14 nuevas especies de oligoquetos acuáticos subterráneos (Rodríguez, 1988; Giani y Rodríguez, 1988, 1984; Rodríguez y Giani, 1987, 1989, 1994) de forma que el número total de especies citadas en este medio en la península alcanza alrededor de 166 especies. Sin embargo, el conocimiento de los oligoquetos acuáticos subterráneos en la península es aún escaso. A escala del País Vasco y áreas limítrofes, las especies de oligoquetos acuáticos subterráneos representan un 44% del total de las especies acuáticas epigeas e hipogeas conocidas en la actualidad (Achurra y Rodríguez, 2008). La unidad kárstica de Santa Eufemia Ereñozar, que incluye a la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, ha sido recientemente identificada como *hotspot* o punto caliente de biodiversidad para este grupo taxonómico; en ella habitan 47 taxones, de los que 11 son estigobiontes y 5 endémicas de la región (Achurra y Rodríguez, 2008).

En este estudio usamos el término *estigobionte* para las especies limitadas al medio acuático subterráneo; *estigófilo* para aquellas que generalmente se encuentran en las aguas subterráneas pero que son capaces de completar su ciclo de vida tanto en las aguas superficiales como en las subterráneas; y *estigoxeno* para los habitantes circunstanciales del medio subterráneo que son más comunes en las aguas superficiales.

Las especies estigobiontes se consideran particularmente vulnerables a cambios en las condiciones del medio debido a su alta especialización al medio acuático subterráneo, caracterizado por la existencia de condiciones ambientales muy estables (Bellés, 1987; Sket, 199). El estudio de la biodiversidad es un elemento básico para la gestión y efectiva conservación de cuevas y surgencias del área kárstica. El grupo investigador ha aplicado recientemente índices de biodiversidad (riqueza de especies, rareza y vulnerabilidad) y

criterios como número de especies estigobiontes y endémicas a los resultados faunísticos obtenidos en el karst de Santa Eufemia Ereñozar.



2. OBJETIVOS:

A continuación se resumen los objetivos del proyecto:

- Realización de un inventario de taxones de oligoquetos acuáticos subterráneos
- Descripción de nuevos taxones
- Aplicación de índices de biodiversidad basados en las comunidades de oligoquetos acuáticos
- Contribución a los planes de conservación de los sistemas kársticos del Parque Natural de Gorbeia

Los objetivos que se plantean tienen el interés de encuadrarse dentro de la línea de actuación de la *Estrategia Ambiental Vasca de Desarrollo Sostenible*, en la que se propone la protección de la naturaleza y de la biodiversidad. En este sentido es importante destacar que las comunidades y hábitats del karst del Parque Natural de Gorbeia se encuentran dentro de la Red Natura 2000. El presente estudio dará lugar a un inventario de especies de oligoquetos acuáticos subterráneos que contribuirá al conocimiento de los sistemas kársticos del País Vasco, de las especies y espacios amenazados o de interés prioritario. La modelización de los datos de biodiversidad permitirá realizar modelos y análisis estadísticos predictivos que serán muy útiles en trabajos futuros.

3. ÁREA DE ESTUDIO: UNIDAD HIDROGEOLÓGICA ITXINA

La Unidad Hidrogeológica de Itxina se sitúa en el Dominio Hidrogeológico Anticlinorio Sur, entre Bizkaia y Araba, extendiéndose desde el Macizo de Itxina al Norte, hasta el pantano de Gorbeia al Sur. Toda la unidad forma parte en la actualidad del Parque Natural de Gorbeia. Desde el punto de vista hidrogeológico se diferencian 4 subunidades: Itxina, Aldamin, Zubialde y Arralde (Fig. 1) (EVE, 1996).

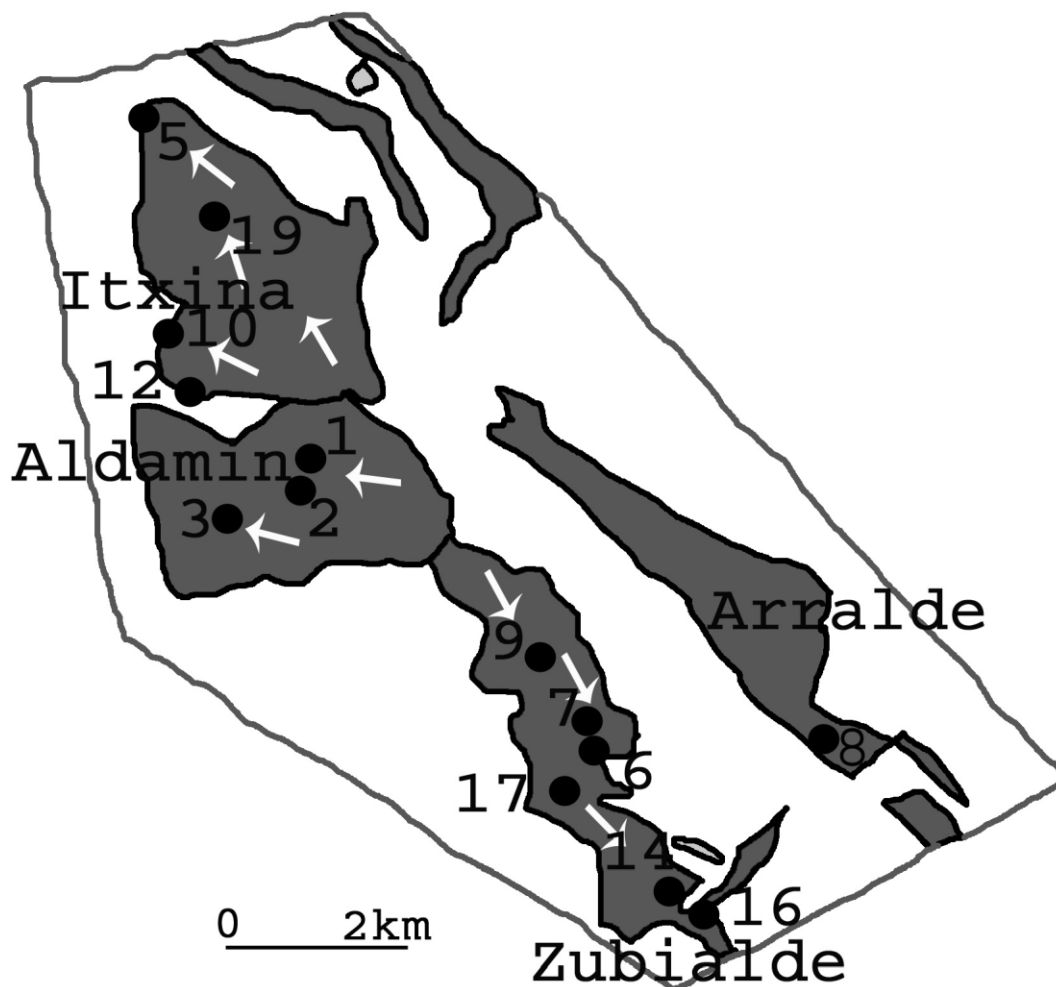


Figura 1. Mapa de la unidad hidrogeológica de Gorbeia. Se muestran en gris oscuro las subunidades. Los puntos de muestreo se han señalado con un círculo negro y numerado. Las flechas simbolizan la dirección del flujo de agua subterránea. Figura adaptada de Eve, 1996.

La mayor parte del flujo subterráneo de agua de Itxina se dirige hacia su borde noroccidental, donde se encuentra la surgencia Aldabide (GOR05), que drena la mayoría

del macizo de Itxina, además de la depresión de Arraba. También hay flujos hacia el borde occidental, donde se sitúan las surgencias Aitziturri (GOR10) y Urrekuetxumun. La surgencia de Atxular es actualmente un manantial de exiguo caudal, aunque se cree que en épocas pasadas tuvo un flujo de agua importante.

El flujo subterráneo de agua de Aldamin se organiza hacia la cabecera del río Baias, donde se sitúan las surgencias Ubegi (GOR01 y GOR02) y Lapurzulo (GOR03).

El flujo de Zubialde se dirige hacia el SE donde se encuentran las surgencias Artzegi (GOR06) y Gorbeia (GOR15).

El drenaje de Arralde converge hacia el río Undebe y asociadas a este río se encuentran las surgencias Atxurdin (GOR08) y Leixakorta.

Respecto a la calidad de las aguas de la unidad, según el EVE, es buena en general y se debe a que no existen focos contaminantes permanentes. Los núcleos habitados están en los límites de la unidad y a cotas bajas. Dentro de dicha unidad se encuentran algunas chabolas de pastores y refugios de montaña que podrían alterar la calidad natural de las aguas subterráneas en relación por un lado con la actividad ganadera y por otro, con los residuos procedentes de los refugios (principalmente aguas residuales y compuestos tóxicos de utilización doméstica, como lejías, detergentes, etc).

Es interesante señalar también que existe un aprovechamiento de algunas de las surgencias mediante captación directa de parte de las descargas, como en Aldabide, Leixakorta, Artzegi, Gorbeia y Azoleta.

4. METODOLOGÍA

4.1. Puntos de muestreo

Las 14 localidades estudiadas fueron indicadas por la Diputación Foral de Araba y por el propio equipo investigador en el parque natural del Gorbeia (Tabla 1). Algunas localidades de difícil acceso no fueron muestreadas en su interior sino en los lugares de surgencia de los ríos subterráneos que por ellas discurren. A continuación se mencionan dichas cavidades y entre paréntesis los nombres de las surgencias correspondientes estudiadas para cada una de ellas. Estas fueron la Cueva de Itxulegor (Aldabide) y la Cueva de Elorrea (Ubegi). La cueva de Legorras no se ha estudiado debido a problemas relacionados con los permisos y con la accesibilidad. Azkaneta es una mina abandonada, no una cavidad natural. La cueva de Lazaldi está cerrada por su interés geológico. Finalmente, la cueva de Gorbeia, se muestreará en un futuro y se remitirán sus resultados, ya que su muestreo no ha sido posible hasta la fecha debido a dificultades tanto en la obtención de permisos de acceso como relacionadas con la climatología adversa, habiendo coincidido con una época de lluvias intensas que provoca que el sedimento se remueva y no sea adecuada para el muestreo de fauna acuática subterránea.

Basándonos en esta selección y con objeto de determinar la biodiversidad de oligoquetos acuáticos subterráneos en el karst de Gorbeia, se han seleccionado puntos de muestreo siguiendo los siguientes criterios:

- puntos con surgencia o río endógeno
- puntos muestreados con anterioridad
- puntos de fácil acceso
- puntos que puedan ser muestreados con técnicas de muestreo disponibles

Cada cueva no es un punto aislado con unas especies determinadas de fauna acuática subterránea, sino que los animales se desplazan por los intersticios del sedimento activamente y/o empujados por el flujo de agua subterráneo; por ello, hemos seleccionado los siguientes puntos de muestreo, en las diferentes subunidades, que suponemos pueden informarnos de la biodiversidad existente en el conjunto del karst (ver Tabla 1). La figura 1 muestra la distribución espacial de los puntos de muestreo en el karst de Gorbeia.

Tabla 1.- Cuevas y surgencias estudiadas en el karst de Gorbeia.

CÓDIGO	NOMBRE	X (UTM)	Y (UTM)	Z (m)	HÁBITAT
GOR01	UBEGI 1				Surgencia
GOR02	UBEGI 2				Surgencia
GOR03	LAPURZULO				Cueva
GOR04	LAPUR ABAJO				Surgencia
GOR05	ALDABIDE				Surgencia
GOR06	ARTZEGI				Surgencia/cueva
GOR07	ZUBIALDE				Surgencia
GOR08	ATXURDIN				Surgencia
GOR09	MAIRULEGORRETA				Cueva
GOR10	AITZITURRI				Surgencia
GOR11	AZOLETA				Surgencia
GOR12	ITXINGOTE				Surgencia
GOR13	SUPELEGOR				Cueva
GOR14	GINGIA				Cueva
GOR15	GORBEIA				Cueva
GOR16	LEGORRAS				Cueva

A continuación se explica la información contenida en la tabla:

- Código: a cada punto de muestreo se le asigna un código, el cual es usado en el muestreo, etiquetado de muestras de fauna, sedimento y análisis de datos. El código consiste en 3 letras para la unidad hidrogeológica o karst y 2 números para el punto de muestreo. Por ejemplo, el código “GOR01” se refiere al punto 01 en la unidad hidrogeológica de Gorbeia.
- Nombre: es el nombre del punto de muestreo, que preferiblemente coincidirá con el que aparece en los mapas.
- Coordenada X: es la longitud en formato UTM, obtenida a partir de mapas topográficos o medida en el campo.
- Coordenada Y: es la latitud en formato UTM, obtenida a partir de mapas topográficos o medida en el campo.
- Altitud Z: es la elevación medida en metros sobre el nivel del mar.
- Hábitat: es una surgencia o un río endógeno en una cueva

4.2. Caracterización del hábitat

a) Descripción del punto de muestreo

Se han seleccionado un conjunto de variables que permitan describir el punto de muestreo y den información sobre su hidrología, hidrogeología, geología y geomorfología. Estas variables se describen a continuación:

VARIABLES DESCRIPTIVAS DE SURGENCIAS:

Zona: si la surgencia se localiza en el epikarst, la zona vadosa, la zona freática
Geología: es la unidad litológica principal
Morfología: referida al tipo de surgencia: reocrenon, limnocrenon helocrenon
Uso humano: abastecimiento, regadío, otros
Anchura (media): <1 m, 1-5 m, 5-25 m, 25-100 m, >100 m
Profundidad (media): < 0,1 m, 0,1-0,5 m, 0,5-1 m, 1-2 m, > 2 m
Pendiente (‰): <1, 1-3, 3-7, >7
Velocidad de la corriente: turbulenta / rápida (≥ 0.3 m/s), estancada / lenta (< 0.3 m/s)
Corriente: perenne o intermitente
Descarga (estimación): 10 l/s o 100 l/s
Sustrato dominante: Bloques, cantos rodados, grava, arenas, limos y arcillas
Sustrato en %: Bloques, cantos rodados, grava, arenas, limos y arcillas
% de detritus
Condición del sustrato (%): Limpio, cubierto por hojarasca, materia orgánica, limo y arcilla, otros
Estructura de las orillas: natural, bosque plantado (chopos, pinos, otros), canal de piedra, canal de hormigón
Cobertura arbórea: % cobertura sobre el cauce
Sustrato muestreado: breve descripción
Vegetación acuática: algas, macrófitos, musgos, otros

VARIABLES DESCRIPTIVAS DE CUEVAS:

Zona: si la surgencia se localiza en el epikarst, la zona vadosa. la zona freática
Geología: es la unidad litológica principal
Longitud de la cueva
Profundidad de la cueva
Distancia del punto de muestreo al suelo, a la zona saturada y a la entrada de la cueva

Hábitat muestreado: infiltración lenta, sifón, lago, río endógeno, río exógeno
Velocidad de la corriente del río: turbulenta / rápida (≥ 0.3 m/s), estancada / lenta (< 0.3 m/s)
Corriente: perenne, intermitente
Descarga (estimación): 10 l/s o 100 l/s
Sustrato dominante: Bloques, cantos rodados, grava, arenas, limos y arcillas
Sustrato en %: Bloques, cantos rodados, grava, arenas, limos y arcillas
% de detritus
Condición del sustrato (%): Limpio, cubierto por hojarasca, materia orgánica, limo y arcilla, otros
Sustrato muestreado: breve descripción

Así mismo, también se han tomado fotografías de los puntos de muestreo. Ver Anexo con las fotografías de los puntos del karst de Gorbeia.

b) Medida de parámetros físico-químicos

En cada ocasión de muestreo se ha medido en el campo las siguientes variables físico-químicas: pH, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (mg/l O_2 y % de saturación), y conductividad ($\mu\text{S/cm}$), en cada cuerpo de agua donde se toma una muestra de fauna. Los aparatos de campo utilizados han sido un oxímetro Oxi 330i WTW, un pH-metro 1001 sentron y un conductivímetro Orion 3 Star Thermo.

c) Determinación de materia orgánica y granulometría del sedimento

Para cada punto de muestreo se ha recogido una muestra de sedimento y en el laboratorio se realizó la determinación de la materia orgánica en el sedimento mediante el cálculo del porcentaje de LOI (% Loss On Ignition) y el análisis de la granulometría en porcentaje del peso seco de arenas gruesas (2.0 – 0.250 mm), arenas medias (0.250 – 0.125 mm), arenas finas (0.125 – 0.063 mm) y limos y arcillas (<0.063 mm), tras cribar el sedimento previamente seco en la estufa por una columna de tamices.

4.3. Muestreo y procesado de fauna acuática subterránea

El muestreo de fauna acuática subterránea (oligoquetos y otros invertebrados) se ha realizado con red Surber (tamaño de malla de 200 μm). Las muestras biológicas se lavaron por un tamiz de 100 μm y se fijaron en el campo en formaldehído al 10%. Cada muestra se etiqueta con el código del punto de muestreo y la fecha.

Las muestras biológicas fijadas se lavaron y se tiñeron con eosina alcohólica en el laboratorio, lo cual facilita la separación de los oligoquetos de menor tamaño, así como la del resto de invertebrados bajo microscopio estereoscópico. El material separado se conserva en alcohol etílico de 70%. Los invertebrados no oligoquetos encontrados en las muestras se identificaron a nivel de clase o subclase con objeto de determinar la contribución relativa de los oligoquetos a la comunidad del bentos.



Fotografía 1. Red Surber para muestreo de fauna acuática subterránea en una de las cuevas del karst.

4.4. Estudio taxonómico:

La identificación de los ejemplares de oligoquetos se ha realizado con la ayuda del microscopio óptico de contraste interferencial Nomarski, mayoritariamente mediante observación de montajes *in toto* en glicerina. También se realizaron preparaciones microscópicas de algunos ejemplares en polivinil-lactofenol y líquido de Hoyer como medios de montaje, para la observación de estructuras de naturaleza quitinosa como quetas y cutículas peniales. Cuando fue necesaria la observación de estructuras del aparato reproductor, los ejemplares se tiñeron en hematoxilina de Erlich y se realizaron micro-disecciones y montajes en bálsamo de Canadá después de ser deshidratados y aclarados en creosota.

Para la identificación de los ejemplares se usaron principalmente las siguientes guías:

- BRINKHURST, R.O. 1971. A guide for the Identification of British Aquatic Oligochaeta. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 22, 55pp.
- BRINKHURST, R.O. 1986. Guide to the Freshwater Aquatic Microdrile Oligochaetes of North America. Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, 259pp.
- BRINKHURST, R.O. y JAMIESON, B.G.M. 1971. The Aquatic Oligochaeta of the World. Oliver & Boyd. Edinburgh, 860pp.
- NIELSEN Y CHRISTENSEN.1959. The Enchytraeidae, critical revision and taxonomy of European species. *Natura Jutl.*, 8-9: 1-160.
- SPERBER, C. 1948. A taxonomical study of the Naididae. *Zool. Bidr., Upps.*, 28: 1-296.
- TIMM T. 1999. A guide to the Estonian Annelida, *Naturalist's Handbooks 1*. Estonian Academy Publishers, Tartu-Tallinn, 208pp.

Son imprescindibles, además, los artículos científicos en que se describen diversos taxones subterráneos y endémicos de la Península Ibérica que se listan a continuación:

- GIANI, N. & RODRIGUEZ, P. 1988. Description de quelques espèces nouvelles de Tubificidae (Oligochaeta) des grottes et sources karstiques de la Péninsule Ibérique. *Stygologia*, 4 (2): 122-137.
- GIANI, N. & RODRIGUEZ, P. 1994. New species of the genus *Trichodrilus* (Oligochaeta, Lumbriculidae). *Zoologica Scripta* 23(1): 33-41
- JUGET, J, M. DES CHATELLIERS & P. RODRIGUEZ. 2006. *Troglodrilus* (Annelida, Oligochaeta, Tubificidae), a new genus from subterranean habitats in southwestern Europe. *Hidrobiología* 564 (1): 7-17.

- RODRIGUEZ, P. 1988. Sur certaines espèces de Lumbriculidae (Annelida: Oligochaeta) du nord de la péninsule ibérique. *Annls Limnol.* 24 (3): 203-211.
- RODRIGUEZ, P. & N. GIANI. 1984. Description de *Varichaetadrilus bizkaiensis* n. sp., nouvelle espèce de Tubificidae (Oligochaeta) d'Espagne. *Bol. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 120:127-130
- RODRIGUEZ, P. & N. GIANI. 1987. Sur deux espèces de Lumbriculidae (Oligochaeta) cavernicoles: *Cookidrilus speluncaeus* n. gen n. sp. et *Trichodrilus diversisetosus* Rodriguez, 1986. *Boletín de la Societé d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 123: 45-59.
- RODRIGUEZ, P. & N. GIANI. 1989. New species of *Phalldrillus* (Oligochaeta, Tubificidae) from caves of North of Spain and Southwest of France. *Hydrobiologia*, 180: 57: 63.
- RODRIGUEZ, P. & N. GIANI. 1994. A preliminary review of the taxonomic characters of the genus *Trichodrilus* Claparède (Oligochaeta, Lumbriculidae). *Hydrobiologia*, 278: 35-51.

4.5. Índices de biodiversidad

Se han aplicado 4 índices de biodiversidad siguiendo los criterios expuestos por Achurra y Rodríguez (2008): riqueza de especies (S), rareza (R), vulnerabilidad (V) y complementariedad (C).

La riqueza (S) se mide como el número total de especies para cada localidad.

La rareza (R) se refiere al rango de restricción de las especies, medido como área de ocupación. La rareza de una especie i se mide como el inverso del número de localidades donde está presente ($1/n_i$). Para una localidad r , el índice de rareza es
$$R = \sum_{i=1}^S (1/n_i),$$
 donde n_i el número de especies halladas en la localidad.

El índice de vulnerabilidad para cada localidad se calcula como $V = \sum_{i=1}^S V_i$ donde V_i es la puntuación de la vulnerabilidad para la especie i . Hemos calculado V_i como la suma aritmética de las puntuaciones para 6 criterios elegidos para determinar la vulnerabilidad de las especies de oligoquetos. Los criterios son los siguientes: distribución geográfica a escala global, distribución geográfica a escala local, endemismo, especificidad de hábitat, tamaño de la población local y riesgo de pérdida de hábitat. La selección de estos criterios se ha basado en los aquellos propuestos por Rabinowitz et al., (1986) y por Abellan et al., (2005b). Las puntuaciones para cada criterio son de 0 a 3 y se explican a continuación:

- *Distribución geográfica a escala global (GD)*: hemos definido 4 áreas basándonos en las regiones para fauna acuática de Banarescu (Fig. 2). La puntuación más alta (3) se ha asignado a aquellas especies restringidas a la subregión Euro-Mediterránea (Id); a las especies que habitan las subregiones Ie, Ig y/o Ih se les ha asignado una puntuación de 2; a las especies que se encuentran en las regiones Holarctica (I) y Sino-India (II) se les ha dado una puntuación de 1; y si la distribución de la especie incluye por lo menos una de las regiones III, IV, V, VI, VII o VIII, se le ha dado una puntuación de 0. La distribución de las especies se ha basado en la literatura.

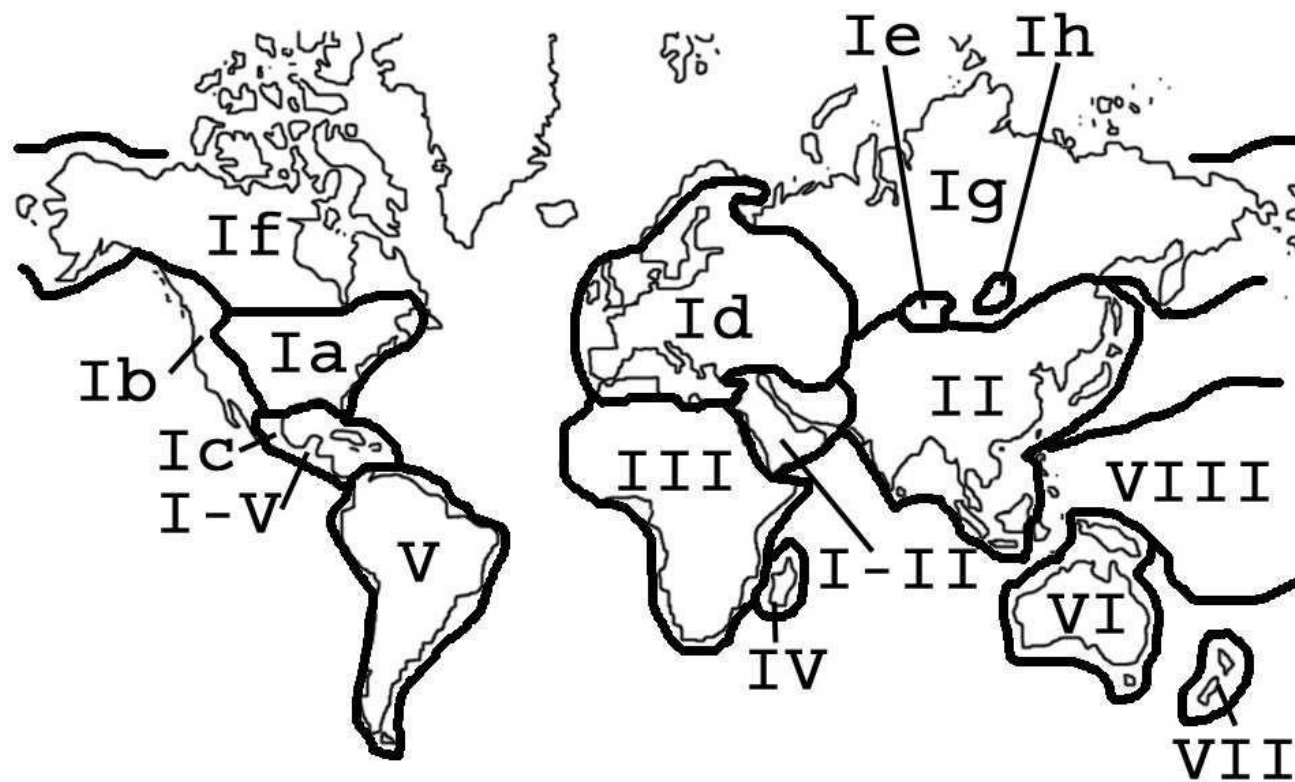


Figura 2. Regiones biogeográficas aceptadas para la fauna acuática. Modificado de Banarescu (Fig.9/1: 1992). I: Región Holártica. Ia: Subregión este de Norte América. Ib: Subregión oeste de Norte América. Ic: Subregión central de México. Id: Subregión Euro-Mediterránea. Ie: Subregión oeste de Mongolia. If: Subregión Artica de Norte América. Ig: Subregión de Liberia. Ih: Subregión de Baikal. II: Región de Sino-India. I-I: Área de transición del oeste de Asia. III: Región de Etiopia (Africa). IV: Región de Madagascar. V: Región Neotropical (Sur América). I-V: Área de transición de Centro América/Antillas. VI: Región de Australia. VII: Región de Nueva Zelanda. VIII: Región Indo-Pacífico oeste.

- *Distribución geográfica a escala local* (LD): hemos dado la puntuación más alta (3) a aquellas especies que habitan un solo punto de muestreo en el área de estudio; una puntuación de 2 si habitan dos puntos; una puntuación de 1 si habitan 3 puntos; y 0 si habitan más de 3 puntos.
- *Endemismo* (E): solo se han puntuado las especies endémicas del área Euro-Mediterránea. Las puntuaciones asignadas son: Bizkaia y Araba (3), norte de España y sur de Francia (2); distribución extensa en el suroeste de Europa, definido por Giani et al., (2001) (1); y distribución extensa en el área Euro-Mediterránea (0).
- *Especificidad de hábitat* (H): hemos puntuado las especies según la clasificación de Juget & Dumnicka (1986); Giani et al., (2001) y nuestra propia experiencia. La máxima puntuación (3) se ha asignado a las especies estigobiontes; 2 puntos a las estigófilas; 1 punto a aquellas especies raras que han sido halladas tanto en el medio acuático subterráneo como en el epigeo, pero todavía de dudosa preferencia ecológica; y 0 puntos a las estigoxenas.
- *Tamaño de la población local* (P): hemos dado la puntuación más alta (3) a las especies con las poblaciones locales más pequeñas, que tienen menos de 2 individuos por muestra (aproximadamente 20 individuos/m²) en $\geq 70\%$ de los casos y nunca más de 9 individuos por muestra (aproximadamente menos de 100 individuos/m²). Se han asignado 2 puntos a las especies de las que se hallaron menos de 2 individuos por muestra en el 69-50% de los casos; 1 punto si en el 49-30% de los casos; y el resto 0 puntos.
- *Riesgo de Pérdida de Hábitat* (RL): en un primer paso, hemos calculado una puntuación de riesgo para cada punto de muestreo, basándonos en 3 criterios: alteraciones humanas (turismo en cuevas o uso de surgencias para abastecimiento de agua, basado en datos de campo), evidencia de contaminación agrícola (datos del EVE, 1996) y proximidad a núcleo urbano o infraestructura importante (menos de 0.5 km). Se ha asignado la puntuación máxima (3) a un punto si cumple todos los criterios; si solo 2 criterios, 2 puntos; y etc. En un segundo paso, se calcula para cada especie la media de las puntuaciones de riesgo incluyendo todos los puntos donde dicha especie se ha hallado; y se asigna una puntuación de 0 a un valor medio de 0; 1 punto si el valor medio es entre 0.1 y 1; 2 puntos si es entre 1.1 y 2; y 3 puntos si es entre 2.1 y 3.

Tabla 2. Resumen de criterios y puntuaciones para el cálculo de *Vi*.

Criterio Puntuación	GD	LD	E	H	P	RL
3	Subregión Euro-Mediterránea	1 localidad	Bizkaia y Araba	Estigobiontes	< 2 individuos por muestra en $\geq 70\%$ de los casos y nunca > 9 individuos por muestra	2.1 - 3
2	Subregiones Ie, Ig y/o Ih	2 localidades	Norte de España y Sur de Francia	Estigófilas	< 2 individuos por muestra en el 69-50% de los casos	1.1 - 2
1	Regiones Holártica (I) y Sino-India (II)	3 localidades	Distribución extensa en el suroeste de Europa	Especies raras, halladas en el medio acuático subterráneo y epigeo, pero de dudosa preferencia ecológica	49-30% de los casos	0.1 - 1
0	Por lo menos una de las regiones III, IV, V, VI, VII o VIII	>3 localidades	Distribución extensa en el área Euro-Mediterránea	Estigóxenas	Otros	0

El índice de complementariedad (C) se ha basado en la riqueza específica y se ha calculado de la siguiente forma. Primero, se elige el punto con mayor riqueza; después, se escoge el punto con mayor número de especies no representadas en el punto escogido previamente; y se continúa de la misma forma hasta que todas las especies estén representadas por lo menos una vez. Finalmente, el índice de complementariedad (C) para cada punto se calcula como el porcentaje de nuevas especies incorporadas (n) del total de la riqueza específica observada en el área de estudio (Sobs) ($C = n * 100 / Sobs$) (Baquero, 2001).

4.6. Patrones de rareza a escala local

Se realizó un análisis comparativo utilizando 3 variables de rareza calculadas para localidades estudiadas previamente en Urdaibai (karst de Ereñozar) y para las estudiadas en el presente proyecto en el Parque Natural del Gorbeia. Dicho estudio es una aproximación preliminar del análisis más profundo que requerirán las muestras del karst de Gorbeia, dentro de una base de datos más amplia de toda la región Cantábrica. Los resultados de esta evaluación sobre los índices de rareza fueron presentados como comunicación oral al Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología (Achurra y Rodríguez, 2008).

Una especie rara es más vulnerable a eventos que puedan afectar a su población o a su hábitat, y por tanto tiene un mayor riesgo de extinción. Rabinowitz et al. (1986) definen 3 variables de rareza (distribución geográfica, especificidad de hábitat y tamaño de la población local) con 2 alternativas (grande o pequeña) obteniendo 8 combinaciones de las cuales 7 pueden ser consideradas diferentes formas de rareza. Sólo son comunes las especies con amplio rango de distribución, que ocurren en una variedad de hábitats y con poblaciones grandes. Para las variables distribución geográfica y tamaño de la población local seguimos el criterio de Gaston (1994), según el cual son raras las especies incluidas en el percentil 25 de la muestra. Para la variable especificidad de hábitat consideramos raras aquellas especies estigobias y estigófilas, es decir, con algún grado de dependencia del medio acuático subterráneo; las especies estigóxenas se consideran comunes.

4.7. Modelos predictivos

Se realizaron curvas de acumulación de especies y estimas de riqueza de especies con el programa informático EstimateS (Colwell, 2004). Las curvas de acumulación de especies se generaron utilizando el modelo de incidencia de curvas de acumulación de especies propuesto por Colwell et al. (2004), que indica el número de especies esperado en una colección de muestras aleatoria. Las estimas de riqueza de especies en los karst se han realizado con las funciones de Chao S_{Chao} , ICE (Incidence-based Coverage Estimator), Bootstrap de Smith & van Belle (1984) y Jackknife de Burnham & Overton (1978) (Gotelli & Colwell, 2001).

3. RESULTADOS

Se han realizado muestreos de fauna acuática subterránea y sedimento, así como el procesado de dichas muestras, siguiendo los métodos descritos en el apartado 2, en las cavidades y surgencias del karst de Gorbeia. Se han completado estos datos con otros datos faunísticos previos de dicho karst del propio equipo investigador.

Fauna acuática subterránea:

Los oligoquetos representan del 7 al 92 % de los invertebrados en la comunidad del bentos (Figura 4), compuesta también por cnidarios hidrozooos, nematodos, turbelarios, gasterópodos, bivalvos, crustáceos y larvas de insectos. La tabla 3 recoge los taxones identificados en el presente estudio así como aquellos hallados en estudios precedentes (Giani & Rodriguez, 1988; Giani et al., 2001).

Las comunidades de oligoquetos en el karst de Gorbeia están numéricamente dominadas por los enquitreidos (familia Enchytraeidae) y los tubificidos (familia Tubificidae), siendo las familias de oligoquetos dominantes en 8 de las 14 localidades estudiadas. Los lumbricúlidos (familia Lumbriculidae) están presentes en 11 localidades y constituyen un bajo porcentaje del total de oligoquetos en el karst de Gorbeia. Se han hallado representantes de las familias Haplotaxidae y Lumbricidae en 3 y 1 localidades, respectivamente (Tabla 2).

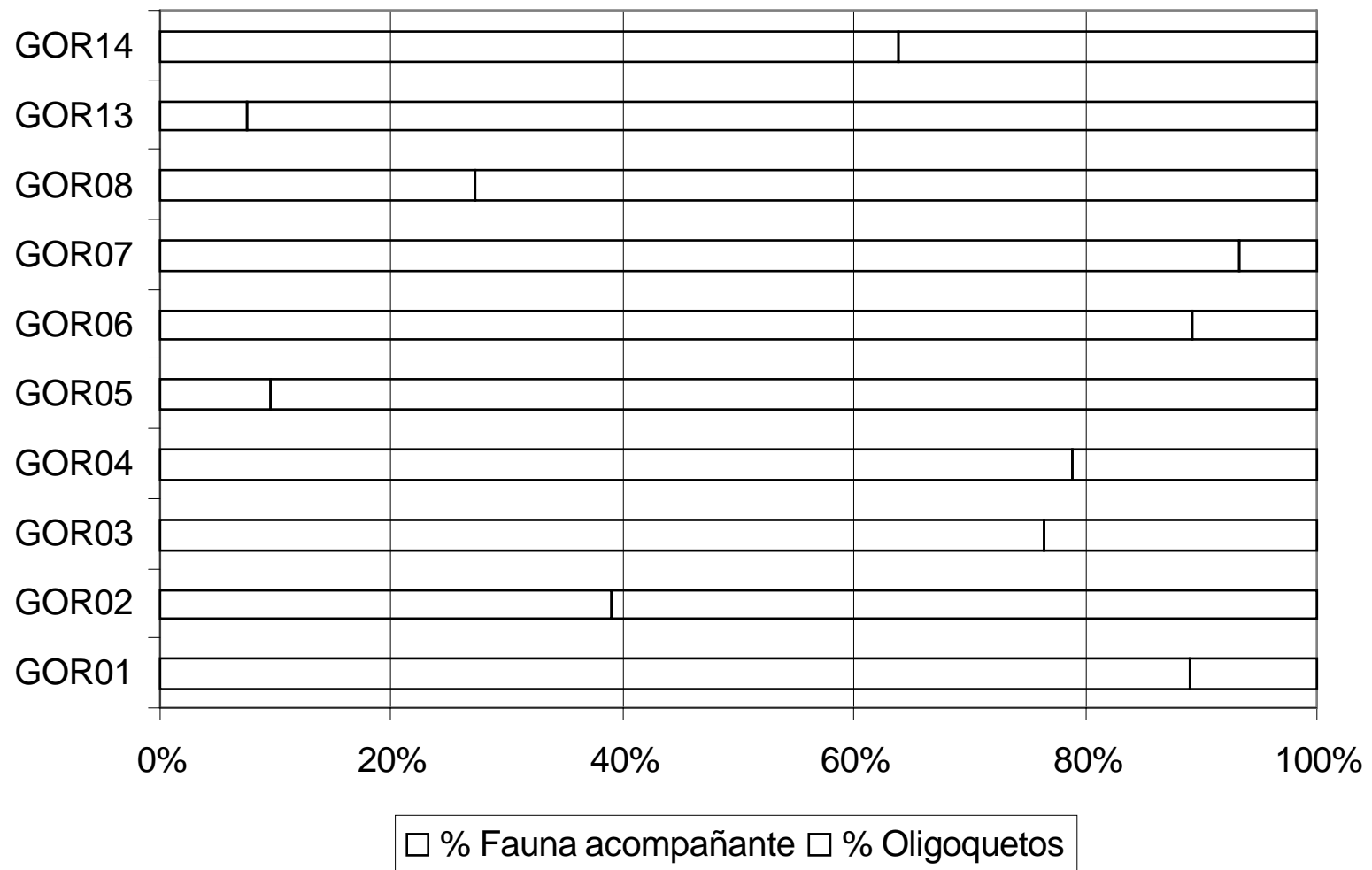


Figura 3. Abundancia relativa media de los oligoquetos en la comunidad del karst de Gorbeia. Datos de los muestreos realizados en campañas de los años 2007 y 2008.

Tabla 3. Abundancia relativa media de las familias de oligoquetos acuáticos en las localidades estudiadas en el karst de Gorbeia en la campaña de 2008 (se marcan en gris las celdas con máxima abundancia relativa y con valores >40%)

	Tubificidae (%)	Lumbriculidae (%)	Enchytraeidae (%)	Haplotaxidae (%)	Lumbricidae (%)
GOR01	9.88	47.83	41.48	0	0
GOR02	16.78	12.10	71.12	0	0
GOR03	1.45	49.21	47.89	1.45	0
GOR04	65.00	15.00	20.00	0	0
GOR05	48.20	2.10	49.70	0	0
GOR06	43.81	21.00	26.50	3.23	0
GOR07	47.16	18.21	31.64	0	2.99
GOR08	94.19	5.81	0	0	0
GOR09	25.00	25.00	25.00	25.00	0
GOR10	0	0	100	0	0
GOR11	0	28.57	71.43	0	0
GOR12	0	33.33	66.67	0	0
GOR13	79.45	0	20.55	0	0
GOR14	0	0	100.00	0	0

Tabla 4. Riqueza taxonómica de oligoquetos acuáticos subterráneos encontrados en cavidades y surgencias del karst de Gorbeia. Datos correspondientes a muestreos de la campaña de 2008 y muestreos anteriores del equipo investigador.

LOCALIDADES		GOR01	GOR02	GOR03	GOR04	GOR05	GOR06	GOR07	GOR08	GOR09	GOR10	GOR11	GOR12	GOR13	GOR14
RIQUEZA ESPECIFICA	ENCHYTRAEIDAE	4	9	6	4	3	5	7	0	1	3	1	2	3	3
	HAPLOTAXIDAE	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	LUMBRICULIDAE	1	1	2	2	1	3	1	2	1	0	1	1	0	0
	TUBIFICIDAE	5	1	1	2	3	3	3	3	2	0	0	0	1	0
	LUMBRICIDAE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Nº especies /localidad	10	11	10	8	7	12	12	5	5	3	2	3	4	3

Tabla 5. Riqueza taxonómica de oligoquetos acuáticos subterráneos por subunidad kárstica del Parque Natural de Gorbeia. Datos correspondientes a muestreos de la campaña de 2008 y muestreos anteriores del equipo investigador

Subunidades	ALDAMIN	ITXINA	ZUBIALDE
Nº spp	24	15	21

Características físico-químicas:

A continuación se muestran los resultados de los análisis físico-químicos resumidos en forma de tabla para el karst de Gorbeia medidos en la campaña del 2008.

Tabla 6. Valores medios de las variables físico-químicas analizadas de muestras de agua y de sedimento en cuevas y surgencias del karst de Gorbeia.

	GOR01	GOR02	GOR03	GOR04	GOR05	GOR06	GOR07	GOR08	GOR13	GOR14
T ^a (°C)	8.2	7.8	8.4	9.0	7.8	8.8	-	-	7.1	9.3
pH	7.2	6.9	7.3	7.3	7.0	7.6	7.2	7.9	8.9	7.1
OXIGENO DISUELTO (%)	97.9	89.7	99.6	95.0	99.0	92.4	90.2	87.0	95.0	71.0
OXIGENO DISUELTO (mg/l)	10.4	9.6	10.6	10.1	10.8	9.7	8.6	8.7	100.5	7.4
CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	216.8	201.3	205.1	190.1	208.0	211.1	147.3	455.0	232.0	177.2
SALINIDAD (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
CAUDAL (l/s)	10-100	10	15	< 10	230	1-10	10	2	-	-
LOI (%)	1.4	1.5	3.4	3.0	5.9	2.5	3.9	14.3	7.9	2.8
ARENAS GRUESAS (%)	92.0	72.0	92.7	58.1	84.7	57.7	70.2	59.1	65.5	63.2
ARENAS MEDIAS (%)	6.1	22.4	5.8	27.1	6.0	25.2	18.4	13.0	11.1	14.4
ARENAS FINAS (%)	1.3	4.0	1.0	9.5	3.8	10.0	7.5	10.3	13.7	11.5
LIMOS Y ARCILLAS (%)	0.6	1.6	0.5	5.4	5.5	7.2	3.9	17.6	9.6	10.9

No hay datos para GOR9, GOR10, GOR11 y GOR12.

Las aguas subterráneas tienen una temperatura entre 7.1 y 9.3°C, pH entre 6.9 y 8.9, su conductividad oscila entre 140-220 $\mu\text{s}/\text{cm}$ excepto en GOR08 que tiene un valor más alto. Los niveles de oxígeno disuelto en el agua son por lo general muy altos, y varían entre 71 y 99%.

El sedimento está compuesto mayoritariamente por arenas gruesas y la fracción de limos y arcillas representan un porcentaje relativamente bajo para la mayoría de las localidades estudiadas, con valores siempre inferiores al 20%. El porcentaje de materia orgánica en el sedimento es normalmente entre 1.38 y 14.31% LOI, considerando valores relativamente altos aquellos superiores a 4% que se han hallado en las localidades GR05, GR08 y GR13.

Índices de Biodiversidad:

Se han puntuado las 14 localidades del karst de Gorbeia según los índices de biodiversidad de riqueza de especies (S), rareza corregida (R/S'), vulnerabilidad corregida (V/S') y complementariedad (C). Hemos corregido R y V por el número de taxones usado en el cálculo del mismo (S') para poder comparar los resultados de las distintas localidades. Los valores de riqueza de especies (S) varían entre 2 (GOR11) y 12 (GOR06 y GOR07); los valores de rareza (R/S') varían entre 0.24 (GOR01) y 0.58 (GOR07); los valores de vulnerabilidad (V/S'), entre 3.43 (GOR05) y 10.50 (GOR11). Los resultados del índice de complementariedad (C) muestran que 11 de las 14 localidades comprenden/contienen todas las especies halladas hasta la fecha en el karst. Ver Tabla 6.

Tabla 7. Índices de biodiversidad para las localidades del karst de Gorbeia. S: riqueza específica, R/S': rareza corregida, V/S': vulnerabilidad corregida, C: Complementariedad. Se resaltan en negrita los valores máximos para cada uno de los índices.

INDICES LOCALIDADES	S	R/S'	V/S'	C
GOR01	10	0.49	6.38	7.89
GOR02	11	0.41	4.70	13.16
GOR03	10	0.29	5.14	0.00
GOR04	8	0.46	6.43	5.26
GOR05	7	0.56	3.43	7.89
GOR06	12	0.31	6.50	31.58
GOR07	12	0.58	5.64	15.79
GOR08	5	0.52	4.75	2.63

GOR09	5	0.30	8.75	2.63
GOR10	3	0.47	4.00	2.63
GOR11	2	0.24	10.50	0.00
GOR12	3	0.56	5.00	5.26
GOR13	4	0.24	3.75	0.00
GOR14	3	0.58	3.50	2.63
TOTAL KARST	38	-	-	-

Patrones de rareza a escala local:

La comparación de los patrones de rareza a escala local en oligoquetos acuáticos subterráneos del karst de Gorbeia y el de Ereñozar revela varios hechos. En ambos karst, la mayoría de las especies habitan 1 o 2 localidades únicamente, tienen una población de pequeño tamaño y son estigóxenas. La mayoría de especies son raras para alguno de los índices de rareza de Rabinovitz aplicados. Sólo son comunes el 28% y el 31% del total de las especies para Ereñozar y Gorbeia, respectivamente. Las especies *Gianius aquaedulcis* y *Trichodrilus tenuis* en Ereñozar y *G. aquaedulcis* y *Haplotaxis gordioides* en Gorbeia son raras para los 3 índices de rareza. Es interesante destacar, sin embargo, que las especies endémicas son por lo general abundantes, lo cual sugiere que endemismo no implica necesariamente rareza. Por otro lado, todas las especies endémicas tienen algún grado de dependencia más o menos acusado con el medio acuático subterráneo.

Tabla 8. Tabla de Rabinowitz para el karst de Gorbeia.

Distribución geográfica	grande		pequeña	
	no específico	específico	no específico	específico
Hábitat				
Tamaño pob. grande	8	6	10	0
Tamaño pob. pequeño	1	1	5	2

Tabla 9. Tabla de Rabinowitz para el karst de Ereñozar.

Distribución geográfica	grande		pequeña	
	no específico	específico	no específico	específico
Hábitat				
Tamaño pob. grande	13	10	7	3
Tamaño pob. pequeño	3	3	6	2

Estimación de riqueza específica:

Se ha calculado la curva de rarefacción de especies para los resultados obtenidos en las 14 localidades del karst (Fig. 4), así como los estimadores de riqueza de especies. La curva de rarefacción de especies del karst (Fig. 4) tiene una pendiente relativamente grande; lo cual es debido al alto número de taxones únicos hallados. Además, la curva no llega a formar una asíntota, lo que sugiere que existen numerosos taxones en el karst aún por hallar. Esta hipótesis se refuerza con las estimaciones de riqueza específica a partir de los modelos, los cuales sugieren que la riqueza del karst es de 6 a 26 taxones mayor del valor observado (38 taxones), según los modelos (Tabla 7).

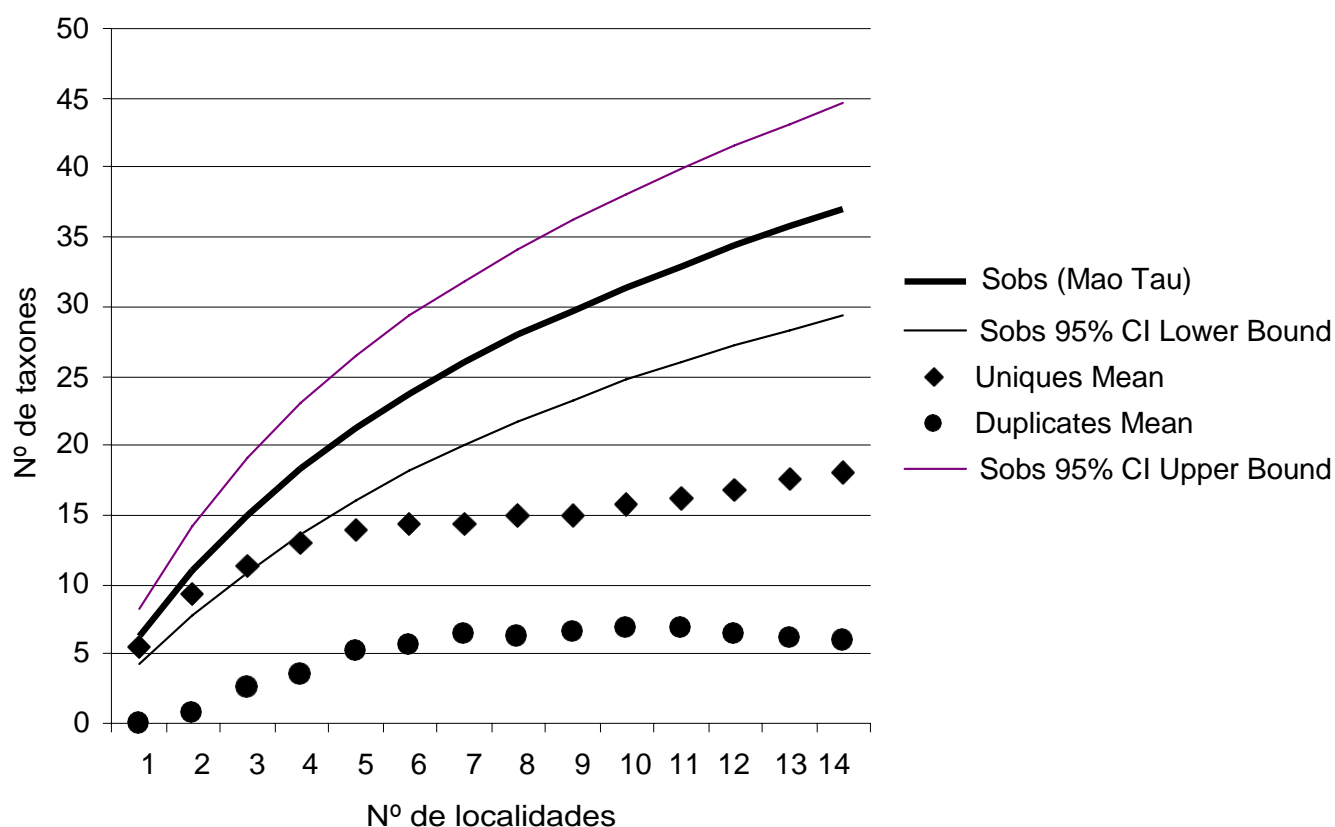


Figura 4. Curva de rarefacción de taxones de oligoquetos acuáticos subterráneos para las localidades del karst de Gorbeia, calculada basada en las funciones de Colwell et al., (2004). Abreviaturas: *Sobs* = riqueza específica observada. *Sobs 95% LW* = límite inferior del intervalo de confianza del 95% para *Sobs*. *Sobs 95% UP* = límite superior del intervalo de confianza del 95% para *Sobs*. *Uniques*= número de especies que se encuentran en solo una muestra. *Duplicates* = número de especies que se encuentran en exactamente dos muestras.

Tabla 10. Estimaciones de la riqueza específica total en el karst de Gorbeia, usando diferentes estimadores (S_{Chao2} , S_{Jack1} , S_{Jack2} and S_{Boot}) y número de únicos (n° de taxones que se encuentran en una única localidad).

Item	Riqueza específica total
S observada	38
Nº de únicos	18
S_{Chao2}	64
S_{Boot}	44
S_{Jack1}	54
S_{Jack2}	64

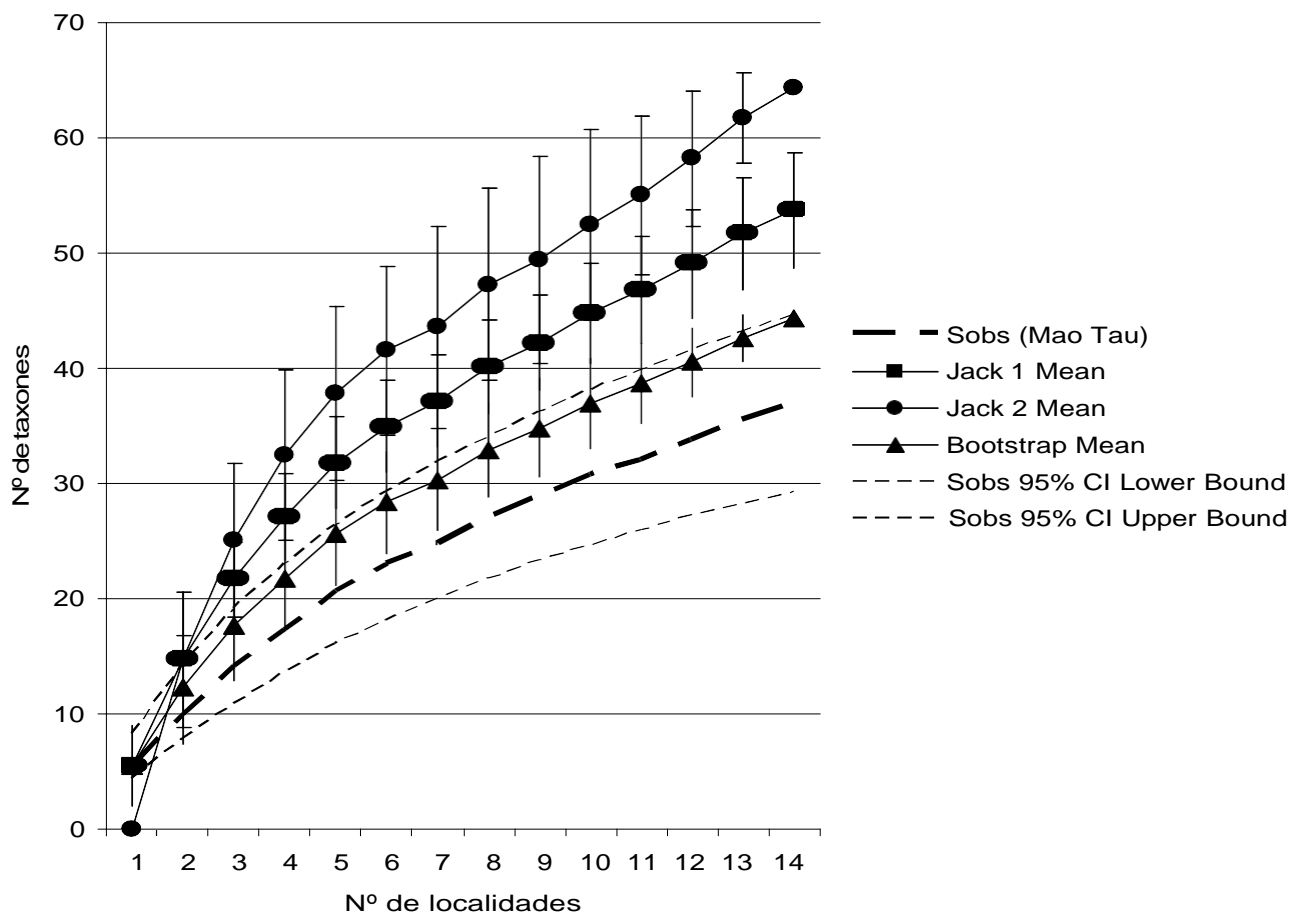


Figura 5. Curvas de estimación de especies y sus desviaciones estándar, basadas en diversos estimadores: Jack1, Jack2 y Bootstrap.

4. DISCUSION Y CLASIFICACION DE LAS LOCALIDADES ESTUDIADAS

Este estudio ha permitido aumentar el conocimiento de las especies de oligoquetos acuáticos subterráneos que habitan en el karst de Gorbeia; se han encontrado 38 taxones en 14 localidades distribuidas en las 4 subunidades hidrogeológicas. Sin embargo, los modelos de riqueza específica aplicados estiman que pueden existir de 6 a 26 taxones adicionales en el karst, por lo que sería interesante incrementar su estudio en el futuro.

La composición relativa de las familias en las comunidades de oligoquetos sigue el mismo patrón general que la descrita en el conjunto de localidades estudiadas en el medio subterráneo de la región Suroccidental de Europa (Giani et al., 2001), donde la familia Enchytraeidae es la dominante en términos de abundancia relativa; y las familias Tubificidae y Lumbriculidae representan casi por completo el resto de individuos de la comunidad. En general, los géneros más abundantes en el Sur de Europa son los enquitreidos *Enchytraeus*, *Cernosvitoviella* y *Marionina* y el lumbricúlido *Trichodrilus*; en el karst de Gorbeia, los más abundantes son *Marionina*, *Cernosvitoviella* y el lumbricúlido *Stylo-drilus*.

En comparación con el karst más cercano estudiado, la unidad hidrogeológica de Ereñozar (Urdaibai), la riqueza específica de Gorbeia es algo menor (38 frente a 47), así como el número de especies estigobiontes (7 frente a 11). Dichas diferencias se deben principalmente a diferencias en la composición taxonómica. Mientras que en Ereñozar habitan 18 especies de tubífidos y 8 especies de lumbricúlidos, en Gorbeia se han hallado hasta la fecha 11 y 5 especies, respectivamente. Sin embargo, el número de taxones de enquitreidos identificados en Gorbeia (18) es mayor que en Ereñozar. Es probable que la altitud, la temperatura, la cercanía al mar y la conductividad (relacionada con la composición geológica) influyan en la composición de especies.

Contribución a los planes de conservación de la unidad hidrogeológica de Gorbeia:

Siguiendo los resultados de los índices de biodiversidad, podemos crear un ranking de prioridad para protección de cuevas y surgencias de Gorbeia. Hemos elegido el índice de Complementariedad como base para el ranking, porque se basa en la riqueza de especies e incluye todas aquellas halladas en el karst. Además este ranking incluye las localidades con mayor valor de rareza (GOR07 y GOR14). Cabe destacar que las localidades más vulnerables son GOR11 y GOR09 cuya situación de vulnerabilidad debe corregirse para recuperar las comunidades de estas localidades.

Tabla 11. Ranking de cavidades y surgencias de Gorbeia

1	GOR06
2	GOR07
3	GOR02
4	GOR05, GOR01
5	GOR04, GOR12
6	GOR08, GOR09, GOR10, GOR14

De las 4 subunidades de las que se compone el karst de Gorbeia, dos de ellas, Aldamin y Zubialde son las que mayor valor de riqueza específica tienen, y mayor número de especies estigobias y/o con algún grado de endemismo; por lo que a la hora de realizar esfuerzos de conservación, se deberían priorizar estas subunidades frente a las subunidades Itxina y Arralde.

En la subunidad Zubialde es importante proteger el sistema Artzegi-Mairulegorreta, ya que en su conjunto contienen 14 especies, de las cuales destacamos:

- *Troglodrilus galarzai*: se trata de una especie estigobia, es decir, limitada a las aguas subterráneas. En el Sur de Europa se han citado hasta la fecha un total de 58 especies estigobias, por lo que su conservación es importante. Estas especies son más sensibles a las perturbaciones del medio acuático subterráneo, del cual dependen.

T. galarzai es una especie endémica del Sur de Francia y Norte de la península Ibérica. La especie fue hallada por primera vez en la surgencia de Argatxa y en la cueva de Goiketxe (karst de Ereñozar) en los años 1984-85. Posteriormente se encontraron ejemplares de *T. galarzai* en Mairulegorreta y en las cuevas de Crocot y Montgelas (Francia) (Juget et al. 2006) (Fig. 8). Actualmente sabemos que mantiene poblaciones estables en el karst de Gorbeia en GOR02, GOR04, GOR06, GOR07 y GOR09.

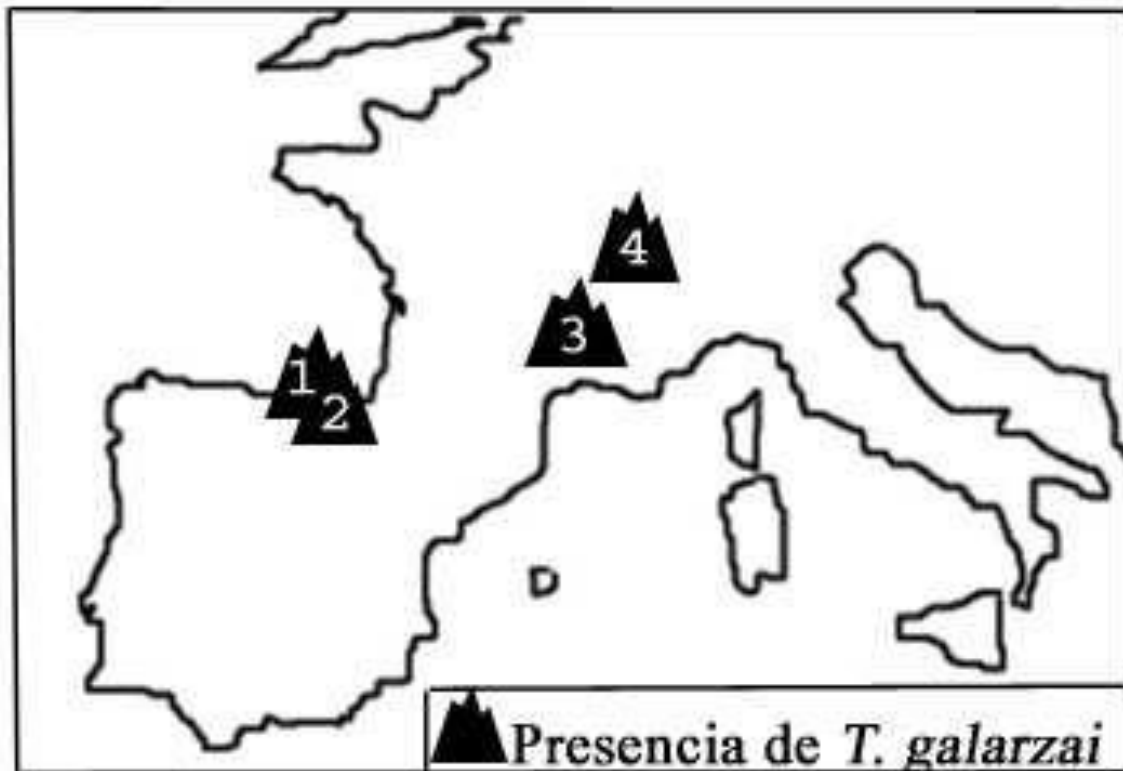


Figura 8. Mapa de la distribución actual de *T. galarzai*. 1 = karst de Ereñozar (localidad tipo), 2 = karst de Gorbeia, 3 = Crotot, 4 = Montgelas.

- Representantes de la subfamilia Phallodrilinae: *Gianius aquaedulcis* y *Phallodrilinae gen sp.* Son especies estigobias. La primera se distribuye por la mitad sur de Europa y ha sido citada también en N. América. Esta subfamilia tiene un valor alto de conservación en el medio acuático subterráneo porque sus ancestros podrían haber sido especies marinas o litorales que habrían colonizado el medio subterráneo durante los numerosos episodios de transgresiones seguidos de aislamiento durante las regresiones marinas, en la región costera del Cantábrico en épocas geológicas recientes (modelo de Regresión: Stock, 1980).
- *Haplotaxis gordioides*: único representante de la familia Haplotaxidae, se encuentra en el sistema Artzegi-Mairulegorreta y en la subunidad de Aldamin. Aunque tiene una distribución holártica, merece atención por su carácter estigobio y sus poblaciones pequeñas, que hacen a la especie muy vulnerable a perturbaciones del medio.
- *Stylodrilus sp.* y *Trichodrilus sp.*: es destacable el hallazgo de dos posibles nuevas especies para la Ciencia, la primera del género *Stylodrilus* Claparede, 1862 en las localidades GOR06, GOR09 y GOR01; una especie del género *Trichodrilus* Claparede,

1862 en GOR06, GOR09 y GOR11. En la actualidad estamos en fase de estudio de dichas especies a partir de los ejemplares maduros hallados mediante técnicas de microdissección y montaje microscópico. De confirmarse como nuevas especies, se hará su descripción para su publicación.

La protección efectiva del conjunto kárstico de Artzegi-Mairulegorreta requiere una gestión y conservación efectiva de toda la subunidad de Zubialde a las que pertenecen. Con ello estaríamos también protegiendo la localidad GOR07, donde se ha hallado otra posible nueva especie del género ibérico *Protuberodrilus* Giani y Martínez-Ansemil, 1979, que requiere nuevo material para afrontar su descripción completa. Los únicos datos relativos a dicho género se localizan en el extremo noroccidental de la península, en terrenos de naturaleza granítica.

Respecto a la subunidad Aldamin, cabe destacar las localidades GOR01, GOR02 y GOR03 por su riqueza específica (entre 10 y 11 especies/localidad) y la presencia de especies como *T. galarzai*, *Stylodrilus* sp. y *H. gordioides*.



5. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Abellán, P., D. Sánchez-Fernández, J. Velasco & A. Millán, 2005a. Conservation of freshwater biodiversity: a comparison of different area selection methods. *Biodiversity and Conservation* 14: 3457-3474.
- Abellán, P., D. Sánchez-Fernández, J. Velasco & A. Millán, 2005b. Assessing conservation priorities for insects: status of water beetles in southeast Spain. *Biological Conservation* 121: 79-90.
- Achurra, A. & P. Rodríguez, 2008. Biodiversity of groundwater oligochaetes from a karst unit in northern Iberian Peninsula: ranking subterranean sites for conservation management. *Hydrobiologia* 605:159–171.
- ADES, 2007. Catálogo de Simas y Cuevas de Urdaibai. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz (In press).
- Banarescu, P., 1992. Zoogeography of Fresh Waters. Vol. 2. Distribution and dispersal of fresh water animals in North America and Eurasia. AULA-Verlag, Wiesbaden.
- Baquero, R. A., 2001. Riqueza de especies, rareza y endemidad de vertebrados europeos: análisis e implicaciones para la conservación. Universidad Complutense de Madrid PhD Thesis.
- Bellés, X., 1987. Fauna cavernícola i intersticial de la Península ibérica i les illes Balears. Consell superior d'investigacions científiques-Editorial Moll, Mallorca.
- Benayas, J.M. & E. de la Montaña, 2003. Identifying areas of high-value vertebrate diversity for strengthening conservation. *Biological Conservation* 114: 357-370.
- Benayas, J.M., E. de la Montaña, J. Belliure & X. R. Eekhout, 2006. Identifying areas of high herpetofauna diversity that are threatened by planned infraestructura projects in Spain. *Journal of Environmental Management* 79: 279-289.
- Camacho, A.I., A.G. Valdecasas, J. Rodriguez, S. Cuezva, J. Lario & S. Sánchez-Moral., 2006. Habitat constraints in epikarstic waters of an Iberian Peninsula cave system. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 42: 127-140.
- Castellarini, F., F. Malard, M.J. Dole-Olivier & J. Gibert, 2007. Modelling the distribution of stygobionts in the Jura Mountains (eastern France). Implications for the protection of ground waters. *Diversity and Distributions* 13: 213-224.
- Cernovitov, L., 1939. Études Biospéologiques 10 (1). Catalogue des Oligochètes hypogés. *Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique* 15: 1-92.
- Colwell, R.K., 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from simples. Version 8.0. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell, R.K., C. X. Mao & J. Chang, 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85: 2717-2727.
- Crisp, M.D., S. Laffan, H.P. Linder & A. Monro, 2001. Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography* 28: 183-198.

- Culver, D.C. & B. Sket, 2000. Hotspots of subterranean biodiversity in caves and wells. *Journal of Cave and Karst Studies* 62: 11-17.
- Culver, D. C., M. C. Christman, W.R. Elliot, H.H. Hobbs III & J.R. Reddell, 2003. The North American obligate cave fauna: regional patterns. *Biodiversity and Conservation* 12: 441-468.
- Culver, D. C., M. C. Christman, B. Sket & P. Trontelj, 2004. Sampling adequacy in an extreme environment: species richness patterns in Slovenian caves. *Biodiversity and Conservation* 13: 1209-1229.
- Culver, D.C., L. Deharveng, A. Bedos, J.J. Lewis, M. Madden, J. R. Reddell, B. Sket, P. Trontelj & D. White, 2006. The mid-latitude biodiversity ridge in terrestrial cave fauna. *Ecography* 29: 120-128.
- Danielopol D.L., R. Rouch & A. Baltanas, 2002. Taxonomic diversity of groundwater harpacticoida (Copepoda, Crustacea) in Southern France. *Vie Milieu* 52 : 1-15.
- Delay, B., 1973. Deux nouveaux Oligochètes Haplotaxidae troglobies d'Espagne: *Haplotaxis navarrensis* n. sp. et *Haplotaxis cantabronensis* n. sp. *Anales de Spéléologie* 28: 405-411.
- Dumnicka, E., 1990. Oligochaetes from subterranean waters of Italy and Greece. *Mémoires de Biospéologie*, Tome XVII: 163-168.
- Elliot, W.R., 2005. Protecting Caves and Cave Life. In Culver, D.C. & W.B. White (eds), *Encyclopedia of Caves*. Elsevier, California, 458-467.
- EVE, 1996. Mapa hidrogeológico del País Vasco. Ente Vasco de la Energía, Bilbao.
- Ferreira, D., F. Malard, M-J. Dole-Olivier & J. Gibert, 2007. Obligate groundwater fauna of France: diversity patterns and conservation implications. *Biodiversity and Conservation* 16: 567-596.
- Gaston, K.J., 1994. *Rarity*. Chapman & Hall, London.
- Giani, N. & E. Martinez-Ansemil, 1981. Observaciones acerca de algunos Tubificidae (Oligochaeta) de la Península Ibérica, con la descripción de *Phallogrilus riparius* n. s. *Annales de Limnologie* 17: 201-209.
- Giani, N. & P. Rodriguez, 1988. Description de quelques espèces nouvelles de Tubificidae (Oligochaeta) de grottes et de sources karstiques de la péninsule ibérique. *Stygologia* 4: 121-137.
- Giani, N. & P. Rodriguez, 1994. New species of the genus *Trichodrilus* (Oligochaeta, Lumbriculidae). *Zoologica Scripta* 23: 33-41.
- Giani, N., B. Sambugar, P. Rodriguez & E. Martinez-Ansemil, 2001. Oligochaetes in southern European groundwater: new records and an overview. *Hydrobiologia* 463: 65-74.
- Gibert, J. & L. Deharveng, 2002. Subterranean ecosystems: a truncated functional biodiversity. *Bioscience* 52: 473-481.

Gotelli, N. & R.K. Colwell, 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391.

Hrabe, S., 1963. On *Rhyacodrilus lindbergi* n. sp., a new cavernicolous species of the family Tubificidae (Oligochaeta) from Portugal. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais* 10: 52-56.

Juberthie, C., 2005. Conservation of subterranean habitats and species. In Wilkens H, D.C. Culver & W.F. Humphreys (eds), *Caves and Other Subterranean Ecosystems. Ecosystems of the World* 30. Elsevier, Amsterdam: 691-700.

Juget, J. & E. Dumnicka, 1986. Oligochaeta (including Aphanoneura) des eaux souterraines continentales. In Botosaneanu, L. (ed.), *Stygofauna Mundi*. E. J. Brill/Dr W. Backhuys, Leiden: 234-244.

Kerr, J. T., 1997. Species Richness, Endemism, and the Choice of Areas for Conservation. *Conservation Biology* 11: 1094-1100.

Notenboom, J., 1986. The species of the genus *Pseudoniphargus* Chevreux, 1901 (Amphipoda) from northern Spain. *Bijdragen tot de Dierkunde* 56: 75-122.

Rabinowitz, D., S. Cairns & T. Dillon, 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In Soulé, M. (ed), *Conservation Biology. The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer, Mass: 182-204.

Reid, W.R., 1998. Biodiversity hotspots. *Tree* 13: 275-280.

Rodriguez, P., 1986a. Nuevos resultados acerca de la fauna de oligoquetos acuáticos del País Vasco y cuenca alta del Ebro. 1. Haplotaxidae, Naididae y Tubificidae. *Munibe Ciencias Naturales* 38: 75-80.

Rodriguez, P., 1986b. Nuevos resultados acerca de la fauna de oligoquetos acuáticos del País Vasco y cuenca alta del Ebro. 2. Enchytraeidae. *Munibe Ciencias Naturales* 38: 81-87.

Rodriguez, P. & J.C. Armas, 1983. Contribution à la connaissance de la faune d'Oligochètes aquatiques du pays basque et zones limitrophes. *Annales de Limnologie* 19: 93-100.

Rodriguez, P. & N. Giani, 1984. Description de *Varichaetadrilus bizkaiensis* n. sp.; nouvelle espèce de Tubificidae (Oligochaeta) d'Espagne. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse* 120: 127-130.

Rodriguez, P. & N. Giani, 1986. Description de trois espèces nouvelles d'Oligochètes aquatiques du Pays Basque (Espagne). *Hydrobiologia* 139: 269-276.

Rodriguez, P. & N. Giani, 1987. Sur deux espèces de Lumbriculidae (Oligochaeta) cavernicoles: *Cookidrilus speluncaeus* n. gen., n. sp. et *Trichodrilus diversisetosus* Rodriguez, 1986. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse* 123: 45-49.

Rodriguez, P. & N. Giani, 1989. New species of *Phalodrilus* (Oligochaeta, Tubificidae) from caves of northern Spain and southwestern France. *Hydrobiologia* 180: 57-63.

Schneider, K. & D.C. Culver, 2004. Estimating subterranean species richness using intensive sampling and rarefaction curves in a high density cave region in West Virginia. *Journal of Cave and Karst Studies* 66: 39-45.

Sket, B., 1999a. High biodiversity in hypogean waters and its endangerment. The situation in Slovenia, the Dinaric karst, and Europe. *Crustaceana* 72: 767-779.

Sket, B., 1999b. The nature of biodiversity in hypogean waters and how it is endangered. *Biodiversity and Conservation* 8: 1319-1338.

6. ANEXOS: FOTOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



GOR 01: UBEGI 1



GOR 02: UBEGI 2



GOR 03: LAPURZULO



GOR 04: LAPURZULO ABAJO



GOR 05: ALDABIDE



GOR 06: ARTZEGI



GOR 07: ZUBIALDE



GOR 08: ATXURDIN



GOR 13: SUPELEGOR



GOR 15: GORBEIA

