

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA
Ingeniería Técnica Forestal



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**“Estudio De Los Macroinvertebrados
Acuáticos En Ríos Europeos De
Montaña En Relación Con Las
Características Del Microhábitat”**

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es:
Neus Sepulcre i Vidal

Director/es:
Dr. Francisco Martínez Capel

GANDIA, 2012

Agradecimientos:

En primer lugar quiero agradecerle a Núria Bonada el dejarme entrar en el universo de los invertebrados acuáticos de la mano de esta maravillosa locura de proyecto Richabun. Y por supuesto, a todas aquellas personas que han colaborado en él.

En segundo lugar, si fueran cuantificables los agradecimientos, el más grande de todos sería para Paco Martínez Capel. Por la oportunidad, por la confianza, por el apoyo, por la ayuda, por ser la introducción a todo lo que me está empezando a gustar...y también por Barcelona.

“Infinitérrimas” gracias a mi bote salvavidas en esta travesía, Juan Diego.

A partir de aquí viene la gran cantidad de gente a la que, sabiéndolo o no, le estoy agradecida.

Mis padres, por supuesto, compartiendo pódium con mis guapísimas hermanas. A ellos cuatro les debo todo y se lo agradezco todo. Y les quiero en mayúsculas. Lluna, Alba, Jose y Ana.

A mis encantadores amigos de Elche y de la universidad. Y a muchos a otros muchos amigos inclasificables, primos y familia. En especial a Cris, Ana, Leo, Lara, Alba, Adrián, Núria, Paula, Teresa, María, Carlos, Álvaro y Víctor.

Y me dejo el tintero lleno de tinta.

Quiero dedicarles un gracias especial a Isabel Muñoz y a Rubén Ladrea, porque todo lo que sé de invertebrados es gracias a ellos y fueron unos excelentes maestros.

El proyecto está dedicado a Gaspar, Pepita, Anita y Antonio.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.....	7
3. ANTECEDENTES.....	9
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	13
4.1. Razones para la división en Regiones.....	16
Descripción física de Europa y el norte de Marruecos.....	17
4.1.1. Pasado geológico.....	17
4.1.2. Biogeografía.....	18
4.1.3. Bioclimatología.....	20
4.2. Descripción de las regiones de estudio.....	22
4.2.1. Montes Cárpatos.....	25
4.2.2. Región de Jura.....	28
4.2.3. Picos de Europa.....	31
4.2.4. Región de Jämtland.....	34
4.2.5. Cordillera Bética.....	37
4.2.6. Montañas del Rif.....	40
5. METODOLOGÍA.....	44
5.1. Muestreo.....	45
5.2. Mediciones hidráulicas.....	47
5.3. Identificación en el laboratorio.....	49
5.4. Representatividad de géneros por regiones.....	49
5.5. Presencia, ausencia y prevalencia por géneros.....	51
5.6. Test de uso no aleatorio.....	53
5.6.1. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	55
5.6.2. Prueba U de Mann-whitney.....	55
5.7. Modelos aditivos generalizados.....	57
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
6.1. Representatividad de géneros por regiones.....	63
6.2. Presencia, ausencia y prevalencia por géneros.....	71
6.3. Test de uso no aleatorio.....	77
6.3.1. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	77
6.3.2. Prueba U de Mann-whitney.....	78
6.4. Modelos aditivos generalizados.....	79
7. CONCLUSIONES.....	95
8. FUTUROS ESTUDIOS.....	97
9. BIBLIOGRAFÍA.....	100
10. ANEJOS.....	105

1. INTRODUCCIÓN

De las mentes de varios científicos Europeos pertenecientes al área de ecología, entre ellos Núria Bonada, surge la idea de un proyecto internacional de macroecología a escala global. Este proyecto denominado “PATRONES DE ABUNDANCIA Y RIQUEZA DE INSECTOS ACUÁTICOS EN UN AMPLIO GRADIENTE LATITUDINAL: DE LAS COMUNIDADES A LAS POBLACIONES” (PROYECTO RICHABUN) y pretende estudiar los patrones de riqueza y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos a lo largo de un gradiente latitudinal grande en la región Paleoártica.

El presente estudio trabaja con datos de dicho proyecto internacional y pretende poder aportar un grano de arena en sus investigaciones.

Los datos de partida cuentan con una amplia información sobre las abundancias de los macroinvertebrados encontrados y analizados a lo largo de seis regiones de estudio en las que se dividió el territorio. Estas regiones se encuentran en España, Marruecos, Francia, Suecia y Eslovaquia. En cada región se eligieron aproximadamente once ríos en los se hizo el muestreo y en estos puntos se tomó tres muestras diferentes, obteniendo para todas ellas los datos de abundancia de invertebrados y medidas físico-químicas y biológicas del punto de muestreo. En total se trabajó con 183 muestras.

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; es decir, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. El prefijo “macro” indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200–500 μ m (Rosenberg y Resh, 1993) y superan en fase adulto o ultimo estado larvario los 2.5 mm (González y García, 1995), además no poseen esqueleto interno.

En la ecología de los ríos, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos es de gran importancia para el entendimiento de la estructura y el funcionamiento de estos ecosistemas. El medio fluvial ofrece unas características que obliga a los organismos que lo habitan adaptarse a sus preferencias.

Algunas de las variables con las que se dispone para trabajar son el porcentaje de diferentes sustratos, el porcentaje de cobertura de materia orgánica, la elevación, el caudal de la corriente de agua, la velocidad y temperatura del agua, la profundidad de muestre, etc.

Con gran parte de los datos del proyecto Richabun (las abundancias de los insectos analizados a nivel de género y algunas de las variables del microhábitat) se modelaron curvas de suavizado para conocer la preferencia de los géneros más abundantes con respecto a las variables del medio.

El conocimiento y empleo de técnicas estadísticas multivariantes es fundamental para el análisis de datos dentro del área la Biología. Para ello se eligió utilizar los Modelos aditivos generalizados, que son una buena herramienta para predecir respuestas tanto para variables dependientes discretas como continuas, que pueden estar relacionadas de forma no lineal con las variables predictivas. Estos modelos informan sobre los atributos ambientales a los que responden las especies. (Guisan and Zimmermann, 2000).

2. OBJETIVOS

El presente trabajo forma parte de un Proyecto internacional sobre macroecología llamado Proyecto RICHABUN, el cual pretende contribuir a una mejor comprensión de los patrones de biodiversidad a escala global.

Se han realizado muy pocos estudios con insectos acuáticos a grandes gradientes latitudinales y el presente proyecto final de carrera pretende colaborar realizando algunos análisis con los datos de abundancia de invertebrados muestreados y de las variables del microhábitat obtenidas para el proyecto mencionado.

Teniendo como objetivos concretos:

- Estudiar la distribución de los diferentes géneros de macroinvertebrados acuáticos encontrados en ríos de seis regiones Europeas de alta montaña.
- Determinar los géneros dominantes según la región y analizar su presencia en relación con las variables de su microhábitat.
- Estudiar estadísticamente mediante modelos lineales la abundancia de los géneros dominantes en relación con las variables del microhábitat.

3. ANTECEDENTES

La diversidad biológica no está distribuida al azar en el mundo, sino que está organizada por conjuntos de factores tanto a gran escala como locales. Los ecologistas y biogeógrafos han hecho grandes esfuerzos para explicar los patrones de biodiversidad mundiales y su comprensión precisa es crucial para su conservación en un mundo cambiante.

La macroecología es un campo relativamente nuevo en ecología que analiza los patrones y procesos a gran escala de los “elementos ecológicos”, analizando características a escala local.

Tradicionalmente, los estudios se han centrado en las correlaciones estadísticas de la distribución a gran escala y en la riqueza y los patrones de abundancia de las especies. Por lo tanto, estas correlaciones se han hecho a nivel de comunidad (es decir, incluyendo la composición de especies, la riqueza y la abundancia total) mientras que el nivel de la población (es decir, incluyendo patrones genéticos dentro de las especies y el tamaño de la población) ha sido ampliamente descuidado. La inclusión del nivel de la población en macroecología, combinado con el nivel de la comunidad, es necesaria para obtener una completa comprensión de los patrones de biodiversidad a nivel mundial.

Uno de los mejores patrones macroecológicos establecidos es el gradiente latitudinal de riqueza y la abundancia de las especies. Las evidencias existentes a partir de algas, musgos, plantas, aves, peces o artrópodos terrestres muestran un consenso general al constatar que los patrones de abundancia y riqueza cambian a lo largo de los gradientes latitudinales. Sin embargo, los insectos acuáticos se han ignorado en gran medida en los estudios macroecológicos y sólo unos pocos ejemplos recientes muestran la relación entre las comunidades y la latitud a gran escala. En comparaciones recientes de las comunidades de insectos acuáticos en la Europa Templada y Mediterránea, se ha demostrado que la abundancia es más baja en la zona Mediterránea; mientras que no se encontraron diferencias en la riqueza local y, además, el Mediterráneo tiene una mayor riqueza regional. Esta observación sugiere una serie de preguntas a resolver y motivó solicitar el proyecto RICHABUN.

Cuando se trata de grandes gradientes latitudinales, las condiciones ambientales del pasado deben ser consideradas conjuntamente con las condiciones actuales. Varios autores han demostrado que los pasados eventos geológicos pueden explicar los patrones actuales de la comunidad y de la población. En la última década, las técnicas moleculares se han mejorado rápidamente lo que permite una evaluación adecuada de las influencias históricas sobre los patrones de organismos. En el área de estudio cubierto por el Proyecto RICHABUN, deben ser considerados dos de los principales acontecimientos geológicos pasados: la unión y posterior ruptura de las placas de Eurasia y África durante el Mioceno tardío, y las glaciaciones del Pleistoceno. Ambos

procesos tuvieron una influencia diferente sobre los organismos de las regiones cubiertas por el proyecto.

Posiblemente, una riqueza similar de especies pueda existir en todas partes, pero no hay una evidencia clara de que existan grandes cambios en la riqueza regional y local a diversas escalas, y en particular a lo largo de las latitudes. Los estudios están de acuerdo en que la riqueza regional aumenta con la latitud decreciente y un patrón similar se observa también en la riqueza local. Explicar la mayor riqueza observada en las latitudes más bajas ha sido muy complejo y todavía es un foco de investigación en curso. Entre los factores que influyen en los cambios de la riqueza regional que han sido considerados, son: la vigente variabilidad ambiental espacio-temporal, la perturbación del medio ambiente, la competencia y la depredación, la productividad y la energía, el tamaño del área de una región interconectada, las migraciones pasadas a causa de los cambios paleoclimáticos (por ejemplo, después de las glaciaciones), o las invasiones actuales. Algunos factores que actúan a escala local son: la variabilidad espacio-temporal del lugar y la conectividad del hábitat. Sin embargo, dado que las áreas locales están integradas en un contexto regional es de esperar que la riqueza regional también afecte en la determinación de la riqueza local, ya que es sensible a tener en cuenta que una mayor riqueza de especies locales corresponderá con un menor tamaño de la población.

La riqueza local tiende a aumentar en latitudes más bajas mientras que el tamaño de la población disminuye. Además, las latitudes más altas, teóricamente con una menor estabilidad del medio ambiente, se han relacionado con una dominancia de especies de amplia distribución, que son, a su vez, muy abundante. Además, otros factores asociados a la abundancia regional de la especie que han de tenerse en cuenta para explicar el tamaño poblacional son su capacidad de dispersión, la capacidad de hacer frente a las perturbaciones y la conectividad espacio-temporal también

4. ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo, puesto que se trata de un estudio macro-ecológico, cubre un amplio gradiente latitudinal que se extiende a lo largo del continente Europeo y parte de Marruecos, abarcando una amplia superficie de análisis.

Con el propósito de optimizar recursos y tiempo, el área de estudio se dividió en 6 grandes regiones de análisis, de aproximadamente $100 \times 100 \text{ m}^2$. Como denominador común de estas regiones se tiene la naturaleza calcárea de su geología y que todas ellas se localizan en zonas de alta montaña.

En España se encuentran dos de dichas regiones. Una de ellas se localiza en el parque nacional y proximidades de Picos de Europa, al norte del país ("Picos" en adelante). Y la otra está situada en el más importante conjunto tectónico del país, la cordillera Bética, al Sud de la Península. En esta región muchos de los puntos de muestreo pertenecen a la cuenca del Río Guadalquivir. Se denominará en adelante como "Bético".

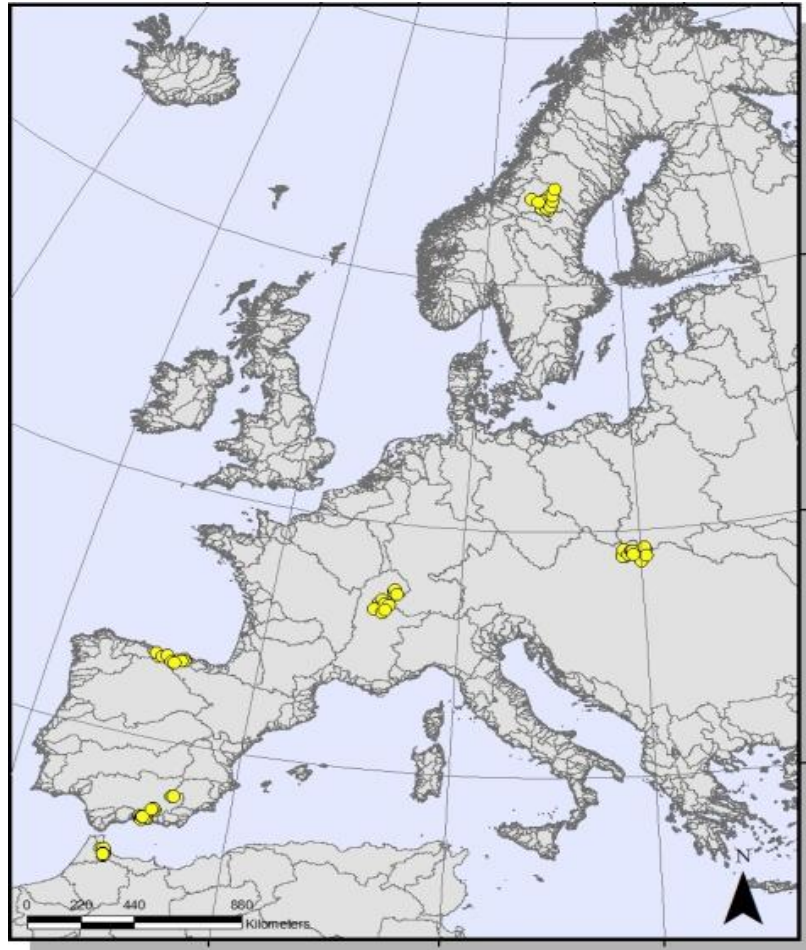
Continuando por proximidad geológica, se encuentra la cordillera que constituye junto a la Bética la terminación occidental de las cadenas alpinas; la región montañosa del Rif, en Marruecos (Rif en adelante). Se incluye en el estudio, porque estas montañas se consideran en términos geológicos que representan una parte de Europa y la Península Ibérica que se separó del continente, introduciéndose en el africano.

Otra de las regiones de estudio se sitúa en Francia. Se trata de una pequeña cadena montañosa situada al norte de los Alpes, extendiéndose entre Francia y Suiza, denominada Jura.

En Eslovaquia se localiza la más oriental de las regiones del estudio de macro-invertebrados, en la que es la segunda cordillera más larga de Europa, los Montes Cárpatos ("Carpatos" en adelante). Toda la red hidrográfica de esta región depende del gran Danubio.

Y por último, en Escandinavia, en el centro de Suecia, se encuentra la zona fluvial montañosa incluida en el estudio denominada Jämtland.

En el siguiente mapa se resalta en amarillo las seis diferentes regiones de muestreo. (Mapa 4.1.).



Mapa 4.1. Puntos de recogida de muestras en las diferentes regiones, en amarillo sobre mapa físico de Europa.

4.1. RAZONES PARA LA DIVISION EN REGIONES

Con intención de reducir costes y simplificar los esfuerzos de trabajo, se dividió el área de estudio en regiones más pequeñas que proporcionan una mayor accesibilidad, y por lo tanto, mayor facilidad de realización.

Las razones por las que se escogieron estas zonas para el estudio son cuatro. En primer lugar la influencia del pasado geológico de la región que afecta de manera diferente a cada área. Consecuentemente a este pasado algunas zonas recibieron migración de especies y otras por el contrario las perdieron. Asimismo, algunos territorios sufrieron glaciaciones y otros en cambio no, por tanto este es un factor significativamente variable en las diferentes áreas.

Por otro lado, las perturbaciones temporales en las descargas de agua no están presentes en todas las áreas. Así pues, esta es otra de las variables diferenciales entre las zonas, ya que afecta a la conectividad espacio-temporal y a la estabilidad medioambiental. Por ejemplo, las oscilaciones en las descargas de agua son más elevadas en la región Mediterránea que en Escandinavia, donde son más regulares.

Otra de las razones influyentes a la hora de elegir las regiones, es la diferente cantidad y calidad de la energía disponible. Como ejemplo de esta diferencia se observa que existen bosques perennes fluviales, tanto en corrientes Mediterráneas como en ríos Escandinavos, pero difiere entre ellos la producción primaria, que es mayor en el Mediterráneo debido a una mayor insolación recibida.

Y por último, los controles bióticos también contrastan en las diversas regiones, los cuales son más importantes en la región Mediterránea, cuando los rápidos de las corrientes se están secando y domina entonces la discontinuidad de las pozas o piscinas.

Estos son, entre otros, los principales factores diferenciales que tienen efectos en la comunidad y en los patrones de población a escala latitudinal.

4.2. DESCRIPCIÓN FÍSICA DE EUROPA Y EL NORTE DE MARRUECOS

Europa es el segundo continente más pequeño del planeta, de hecho geográficamente es una gran península situada al oeste del bloque continental de Eurasia.

Cuenta con más de 10.500.000 km^2 , lo que representa el 2% de la superficie de la tierra. Tiene una superficie predominantemente llana con una altitud media de 300 metros.

Por su parte, Marruecos es un país del Norte del continente Africano, con costas en el Océano Atlántico y el Mar Mediterráneo. Se encuentra separado de Europa por el estrecho de Gibraltar, de hecho, la pequeña zona estudiada en este país forma parte del arco de Gibraltar y muestra un relieve abrupto a orillas del Mediterráneo.

Dadas las grandes dimensiones del presente estudio y dado que se trata de un análisis de Macro-ecología, se expondrán las descripciones físicas del terreno a gran escala, en ámbitos descriptivos grandes, como la Biogeografía, macrobioclimatología,... sin entrar en pormenores locales como la vegetación riparia o la ictiofauna de cada río. También se expondrá una descripción más exhaustiva por cada una de las regiones de análisis.

4.2.1. PASADO GEOLÓGICO

En el área de estudio cubierta por el proyecto afectan considerablemente dos principales eventos geológicos pasados. En primer lugar la unión y la posterior ruptura

de las placas Euroasiática y Africana durante el Mioceno tardío. Y por otro lado las posteriores glaciaciones ocurridas durante el Pleistoceno hace 2,59 millones de años.

Ambos procesos repercutieron de forma considerable en los organismos biológicos. La unión de las placas Euroasiática y africana dio como resultado un intercambio de especies y originó también un gran número de neo-endemismos tanto en el sud de la península Ibérica como en las montañas del Rif.

Por su parte las glaciaciones dieron como resultado la migración de especies más temperadas hacia las áreas más cálidas del continente, lo cual tiene implicaciones directas en la dinámica de poblaciones, esto resultó en una especiación en las poblaciones más sureñas. Puesto que durante todo el periodo de glaciaciones las placas Eurosiberiana y Africana ya estaban separadas, las montañas del Rif, en Marruecos, no fueron afectadas por el proceso de migración de las especies.

Cuando los glaciares retrocedieron, algunas especies fueron nuevamente colonizando el norte del continente, aunque las montañas representaron una gran barrera para el proceso. De hecho, es posible que la baja riqueza de algunas regiones cubiertas por hielo, sea posible a un insuficiente periodo de colonización.

4.2.2. BIOGEOGRAFÍA

Dicho término se refiera a un vocablo derivado de la Geografía con clara base biológica. Se trata pues, de la ciencia de la distribución de los seres vivos.

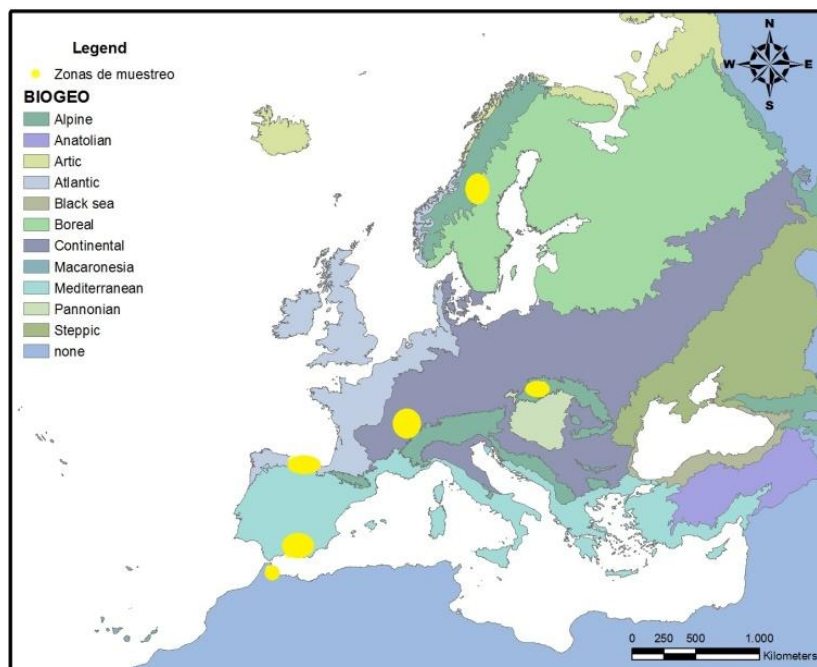
El Reino, es la unidad suprema de la Biogeografía. El Reino Florístico, considera la distribución actual de los seres vivos (flora y fauna). En el planeta existen descritos seis Reinos Florísticos. El presente estudio abarca uno. El Reino Holártico.

Este Reino, al que pertenecen las 6 regiones de estudio, pese a su gran extensión presenta una gran homogeneidad florística, debido a que el relieve también es muy homogéneo, y por ello los seres vivos tienen una gran capacidad de dispersión. Las familias más destacadas de esta región son las Rosáceas, Ranunculáceas y Dipsacáceas.

Los Reinos florísticos se subdividen a su vez en Regiones, que son una unidad menor de terreno con elementos florísticos característicos a nivel de familia. Las Regiones que aparecen en este estudio son dos. Por un lado la Eurosiberiana, a la que pertenecen cuatro de las seis zonas estudiadas, y se caracteriza por un ambiente oceánico y templado, con bosques frondosos caducifolios y bosque boreal de coníferas (o Taiga) más al norte, como en la zona de Jämtland. Y la otra Región es la Mediterránea, a la que pertenecen Bético y Rif, y comprende los territorios que bordean el mar del mismo nombre. El clima aquí es más seco y caluroso y su principal característica es la irregularidad pluviométrica, teniendo como consecuencia de ello un bosque de hoja dura capaz de soportar grandes periodos de sequía seguidos de épocas lluviosas y en ocasiones torrenciales. El bosque de esta Región se denomina esclerófilo.

Las regiones también se subdividen, en lo que algunos autores denominan también “Regiones biogeográficas”. La agencia Europea de Medioambiente (EEA) en su departamento de “Europe’s Biodiversity” define para el territorio europeo un total de siete regiones Biogeográficas importantes.

En el siguiente mapa se muestran las subdivisiones Biogeográficas de Europa y las 6 áreas de estudio en amarillo. (**Mapa 4.2.**)

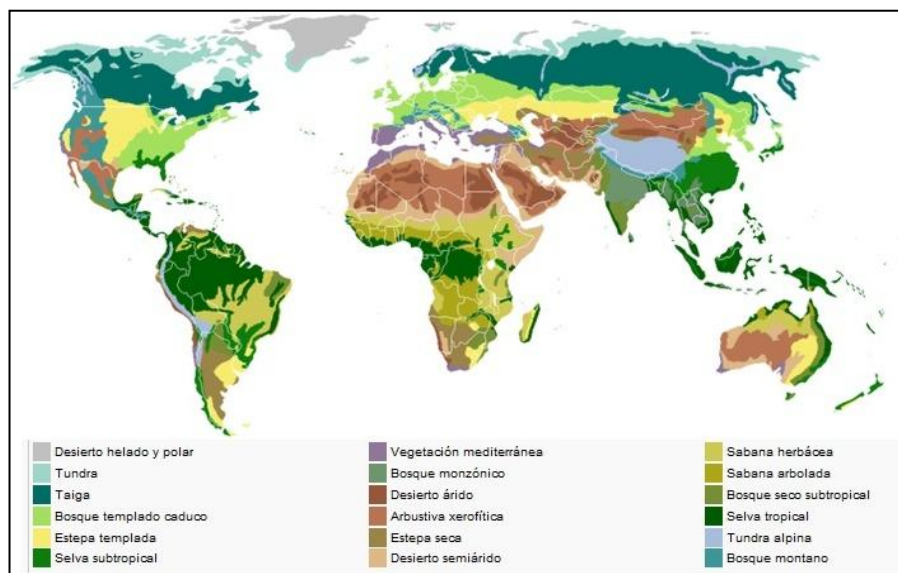


Mapa 4.2. Regiones biogeográficas de Europa y zonas de muestreo.

4.2.3. BIOCLIMATOLOGÍA

Siguiendo con las diferentes clasificaciones físicas del terreno, se atiende ahora a la división en Biomas o zonas Bioclimáticas del estudio, definiéndose el Bioma como la “uniformidad fisiológica de la clímax vegetal y sus animales influyentes y posee un constitución biótica característica”, según descripciones de los autores *Shelford 1935* y *Carpenter 1939*.

En el siguiente mapa se muestran las zonas bioclimáticas del planeta. (**Mapa4.3**).



Mapa 4.3. Mapa de las zonas bioclimáticas del mundo.

Una de las más importantes divergencias físicas que existe en estas seis regiones es la situación bioclimática, puesto que algunas de ellas pertenecen incluso a diferentes Macro-Bioclimas.

El estudio tiene como representante del clima sub-ártico (o Boreal) la zona de Jämtland situada al norte de Suecia. Eslovaquia, Francia y el Norte de la Península Ibérica pertenecen a un Bioclima Templado y el Sur de la Península Ibérica y el macizo del Rif en Marruecos son representantes del clima Mediterráneo.

En el continente Europeo y en la cuenca mediterránea, cada ecosistema varía enormemente con la latitud debido a las grandes diferencias bioclimáticas que existen entre ellos, las cuales difieren ampliamente en cuanto a precipitación y temperatura.

La precipitación afecta a la descarga de agua y por ello los ecosistemas fluviales varían a diferentes latitudes. La sequía estival que caracteriza la región mediterránea y la sequía en invierno que afecta a la región boreal dan como resultado una elevada proporción de variabilidad climática entre las áreas.

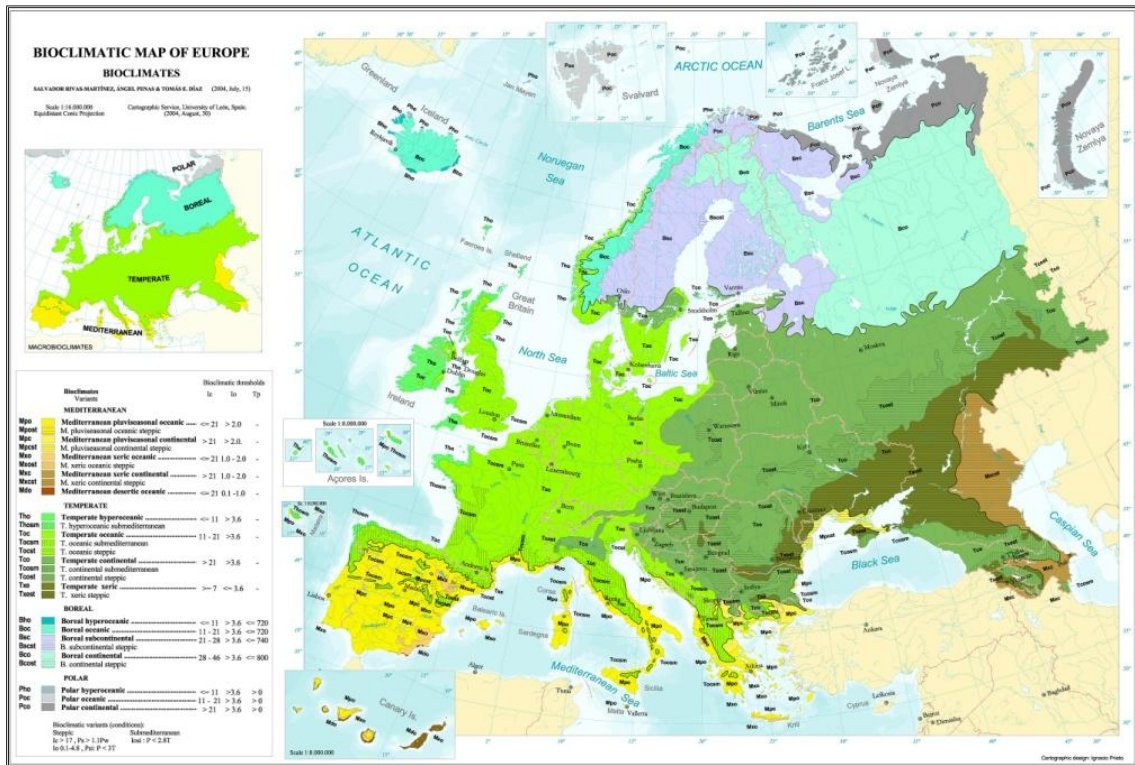
Por otro lado la oscilación natural entre cantidad de agua descargada, así como las perturbaciones en los regímenes de descargas, son considerados determinantes tanto en la comunidad como en la estructura de las poblaciones de los ecosistemas fluviales.

Para tener un concepto más adecuado de estas divisiones en la geoesfera se define según Rivas–Martínez la Bioclimatología, como “una ciencia ecológica que estudia la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos y comunidades en la Tierra, basándose en la relación de los valores medios del clima (temperatura y precipitación) con las áreas de las plantas y de sus formaciones vegetales”.

Según la clasificación de Rivas-Martínez, que relaciona clima con seres vivos, existen cinco Macrobioclimas en la Tierra de los cuales se hallan tres en el área de estudio que abarca este proyecto.

Siguiendo con definiciones del mismo autor, los Macrobioclimas son las unidades tipológicas de mayor rango en la clasificación bioclimática. “Son modelos biofísicos, delimitados por determinados valores latitudinales, climáticos y de vegetación, que poseen una amplia jurisdicción territorial y que están relacionados con los grandes tipos de climas y de Biomas, así como con regiones biogeográficas de la Tierra. Y en cada uno de ellos se distinguen unidades subordinadas, los Bioclimas”.

A continuación se presenta el mapa de la clasificación de Rivas-Martínez para los Bioclimas de Europa.



Mapa 4.4. Mapa Bioclimático del continente Europeo según clasificación de Rivas-Martínez

4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS REGIONES DE ESTUDIO

Las regiones seleccionadas presentan por lo general una temporada seca; en verano en el Mediterráneo y en invierno en Escandinavia. Los puntos seleccionados son cabeceras de ríos, tienen geología calcárea. Se encuentra entre 400 y 1000 m de altitud (por lo que la corriente longitudinal del agua, la geología y la altitud pueden tener influencia en la riqueza y la abundancia). El área cubierta por todas las regiones es similar, aproximadamente $100 \times 100 \text{ m}^2$. Todos los puntos también son de referencia (es decir, los criterios de referencia son superiores o igual a 7), tienen una diversidad de hábitats alta (el Índice de Hábitat Fluvial es mayor o igual a 60) y presentan buena calidad ribereña (el índice de calidad de ribera es mayor o igual a 75).

En la siguiente tabla se muestran algunos datos físicos referentes a las regiones de estudio y puntos de muestreo, como la altitud, las coordenadas o el huso horario.

Tabla 4.1. Tabla de la localización geográfica de los puntos muestreados en el estudio.

Código	País	Región	Huso Horario	Coordenadas X UTM	Coordenadas Y UTM	Altitud (m.)
R02	Marruecos	Rif	30	300922	3886531	788
R04	Marruecos	Rif	30	301741	3901957	412
R05	Marruecos	Rif	30	287668	3917976	637
R06	Marruecos	Rif	30	299953	3918008	630
R08	Marruecos	Rif	30	306250	3892767	1274
R09	Marruecos	Rif	30	300840	3898468	1209
R10	Marruecos	Rif	30	302047	3894314	1042
B01	España	Bético	30	468724	4120836	1314
B02	España	Bético	30	462069	4128997	1201
B03	España	Bético	30	441863	4081433	694
B04	España	Bético	30	412084	4087044	1053
B05	España	Bético	30	433371	4078887	804
B06	España	Bético	30	421142	4071685	124
B07	España	Bético	30	422525	4082424	981
B08	España	Bético	30	425609	4085782	910
B09	España	Bético	30	521920	4193742	1165
B10	España	Bético	30	528538	4193848	1084
B11	España	Bético	30	455172	4123899	1200
P01	España	Picos	30	366633	4788602	550
P02	España	Picos	30	344732	4783904	617
P03	España	Picos	30	331987	4797950	137
P04	España	Picos	30	357394	4787575	855
P05	España	Picos	30	378943	4793029	193
P06	España	Picos	30	446621	4793034	304
P07	España	Picos	30	451113	4786155	274
P08	España	Picos	30	436587	4785140	305
P09	España	Picos	30	401378	4771378	818
P10	España	Picos	30	410937	4767916	683
J01	Francia	Jura	31	705064	5182147	354
J02	Francia	Jura	31	713872	5195242	338
J03	Francia	Jura	32	303653	5233731	568
J04	Francia	Jura	32	306298	5244225	332
J05	Francia	Jura	32	318320	5225192	542
J06	Francia	Jura	32	272608	5181699	682
J07	Francia	Jura	32	286520	5176321	931
J08	Francia	Jura	31	720827	5165883	785
J09	Francia	Jura	31	689928	5150437	405
J10	Francia	Jura	32	272141	5152462	777
J11	Francia	Jura	31	723570	5137480	784
C01	Eslovaquia	Cárpatos	34	449776	5450795	843
C02	Eslovaquia	Cárpatos	34	444575	5457173	938
C03	Eslovaquia	Cárpatos	34	427947	5399800	453
C04	Eslovaquia	Cárpatos	34	449423	5419073	650

C05	Eslovaquia	Cárpatos	34	363712	5423384	887
C06	Eslovaquia	Cárpatos	34	353927	5422856	678
C07	Eslovaquia	Cárpatos	34	357299	5452508	749
C08	Eslovaquia	Cárpatos	34	377962	5432064	614
C09	Eslovaquia	Cárpatos	34	390500	5445687	615
C10	Eslovaquia	Cárpatos	34	396458	5447595	680
C11	Eslovaquia	Cárpatos	34	396241	5427999	869
S01	Suecia	Jämtland	33	417031	7041763	478
S02	Suecia	Jämtland	33	487313	7056033	288
S03	Suecia	Jämtland	33	488227	6993936	313
S04	Suecia	Jämtland	33	459457	7000839	319
S05	Suecia	Jämtland	33	477112	7002018	337
S06	Suecia	Jämtland	33	460940	7033043	311
S07	Suecia	Jämtland	33	444223	7029700	306
S08	Suecia	Jämtland	33	496967	7007949	327
S09	Suecia	Jämtland	33	503707	7031954	428
S10	Suecia	Jämtland	33	503977	7058788	342
S11	Suecia	Jämtland	33	513583	7085473	321

A continuación se describe por separado las características físicas de las diferentes regiones en las que se divide el estudio.

4.3.1. MONTES CÁRPATOS

Esta formación montañosa se localiza en varios países, siendo al que mayor porcentaje de montañas le pertenece Rumanía. Pero los datos recogidos para este estudio en dichas montañas, pertenecen a Eslovaquia, que cuenta con la parte oeste de la cordillera y cubre un área de muestreo de 100 km^2 .

Los Cárpatos son montañas recientes que forman la continuación hacia el este de los Alpes. Se extienden, en forma de gran arco, durante unos 1450 km. de longitud desde la brecha del Danubio, cerca de Bratislava, hasta la Puerta de Hierro, cerca de Orsova.

El territorio total contiene una zona de montaña que tiene una superficie aproximada de 70.000 km^2 , la zona sub-alpina con 15000 km^2 y la zona alpina sólo 1000 km^2 . En el interior del arco, los Cárpatos contienen una cadena de montañas volcánicas.

Al ser una gran cordillera montañosa elevada, pertenece a la Región Biogeográfica Alpina. Los Cárpatos se pueden dividir en diferentes pisos de vegetación, similares a los encontrados en los Alpes. Sin embargo, en estas montañas, debido al hecho de que no llegan a ser tan altas, las zonas alpinas níveales y superiores están desapareciendo.

Con referencia al clima, posee ciertas características de un clima Continental, aunque con mayor precipitación promedio que las llanuras circundantes. La precipitación varía entre 1000 y 1500 mm y llega a un máximo de 2360 mm. El clima del interior se aprecia claramente en los valles, así como en las partes inferiores de las laderas de las montañas del sur. Los veranos son calurosos y los inviernos fríos. En invierno, las inversiones de temperatura son comunes: las bajas depresiones retienen el aire muy frío, mientras que las cumbres muestran temperaturas relativamente altas. En comparación con la subregión "Alpine", en los Alpes, el clima de los Cárpatos a igual altitud y la latitud es un poco más frío.

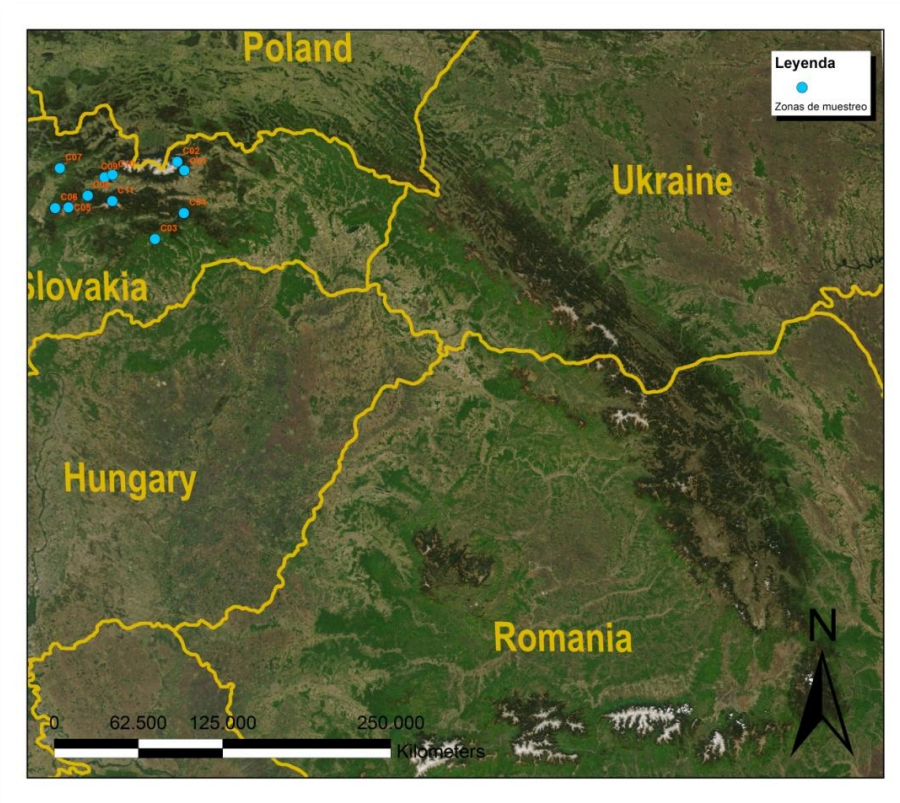
Los bosques cubren más del 90% de los Cárpatos con algunos de los más grandes rodales de bosque virgen de Europa. Se caracterizan por una gran variedad de especies de árboles con patrones de distribución que corresponden a los diversos pisos altitudinales. Las estratificaciones están dominadas por el roble "Quercus robur" en los valles y el "Quercus petraea" en las colinas. En los barrancos mixtos y los bosques de ladera aparecen como dominantes los árboles "Acer pseudoplatanus", "Fraxinus excelsior", "Ulmus glabra", "Tilia cordata",... y se sitúan principalmente sobre sustratos calcáreos. Los hayedos dominan el piso montano. Aparecen bosques aluviales a lo

largo de los arroyos y ríos con predominio de árboles como el sauce (*Salix fragilis*) y el aliso (*Alnus glutinosa*, / *A. incana*).

El área cubierta por bosques vírgenes en Eslovaquia se estima entre 18 y 20000 hectáreas, además de los bosques primarios también incluyen bosques casi en estado original considerados como bosques vírgenes secundarios.

Pasando a la Hidrología, los ríos de los Cárpatos se caracterizan por un régimen de lluvia-nieve. Los periodos de elevada abundancia de agua se producen en primavera y a principios del verano, y en este último por lo general son más poderosos. Las inundaciones suelen asumir dimensiones catastróficas. Hay alrededor de 450 pequeños lagos de montaña, principalmente de origen glacial, la mayoría de ellos ubicados entre 1350 y 1970 m. de altitud. Existen unos 50 embalses, siendo el más grande, el embalse de Puerta de Hierro en el Danubio en el extremo sur.

Se recogieron muestras en 11 puntos diferentes de los Cárpatos Eslovacos. En el mapa siguiente se ilustran los diferentes puntos, así como los países a los que pertenecen dichas montañas en una imagen satelital de la zona.



Mapa 4.5. Mapa físico de la cordillera de los Cárpatos y localización de puntos de muestreo.

Como en todas las áreas, en cada uno de los puntos se recogió tres muestras diferentes, en el mismo punto del río pero a diferentes profundidades.

Esto hace un total de 33 muestras analizadas.

La localización de los Puntos en las diferentes cuencas hidrográficas y ríos se encuentra detallada en la siguiente tabla.

Punto de muestreo	Nombre del Río
C01	Čierna voda
C02	Biela
C03	Hrdzavý
C04	Veľká Biela
C05	Ľubochnianka
C06	Gaderský Potok
C07	Varínka
C08	Biely Potok
C09	Prosiečanka
C10	Suchý Potok
C11	Demänovka

Los 11 Puntos muestreados se encuentran a unas altitudes entre 400 y 1000 metros, siendo la media a 725 m. de altitud. La temperatura del agua en estos lugares en el momento de muestreo varia des de 6.2°C a 11.8°C.

4.3.2. REGIÓN DE JURA

Jura es una pequeña formación montañosa situada al este de Francia, lindando con la frontera con Suiza. También es el nombre con el que se le denomina a la región Francesa circundante. Las ciudades grandes se encuentran alrededor de la zona, ya en los márgenes, y son Chambéry, Ginebra, Neuchâtel, Biel y en el Rin, Basilea y Schaffhausen.

Se extienden durante 360 km en un arco a ambos lados de la frontera franco-suiza y va desde el río Ródano al Rin. Se encuentra principalmente en Suiza, pero una buena parte del sector occidental se encuentra en Francia. Los datos de este estudio pertenecen a la zona Francesa.

Los picos más altos del Jura se encuentran en el sur, en la región de Ginebra, e incluyen Crêt de la Neige (1718 m.) y Le Reculet (1717 m.), ambos en Francia. Hacia el noreste y a lo largo de las crestas exteriores del arco, las elevaciones de dichas crestas son más bajas.

A modo de curiosidad, las montañas de Jura se llaman así por su densa forestación. Jura en su etimológica significa "bosque" (del galo, Juria), pero en ma recientemente, está relacionado con el vocablo en eslavo "gora", que significa "montaña". Sus fosilíferas formaciones de piedra caliza son la base del Sistema de nombres Jurásico y Período Jurásico, esta montaña es la que le da el nombre a dicha era.

La formación de las montañas de Jura se inició hace 65 millones de años como parte de los mismos movimientos de la Tierra con los que se formaron también los Alpes. Geológicamente, Jura es una parte de promontorio Alpino.

La prevalencia de la piedra caliza, alternada con pequeñas capas de margas, da como resultado una gran permeabilidad del sustrato y una consecuente deficiencia en las aguas superficiales. Los principales ríos de la zona son el Doubs, el Ain, y el río Birs.

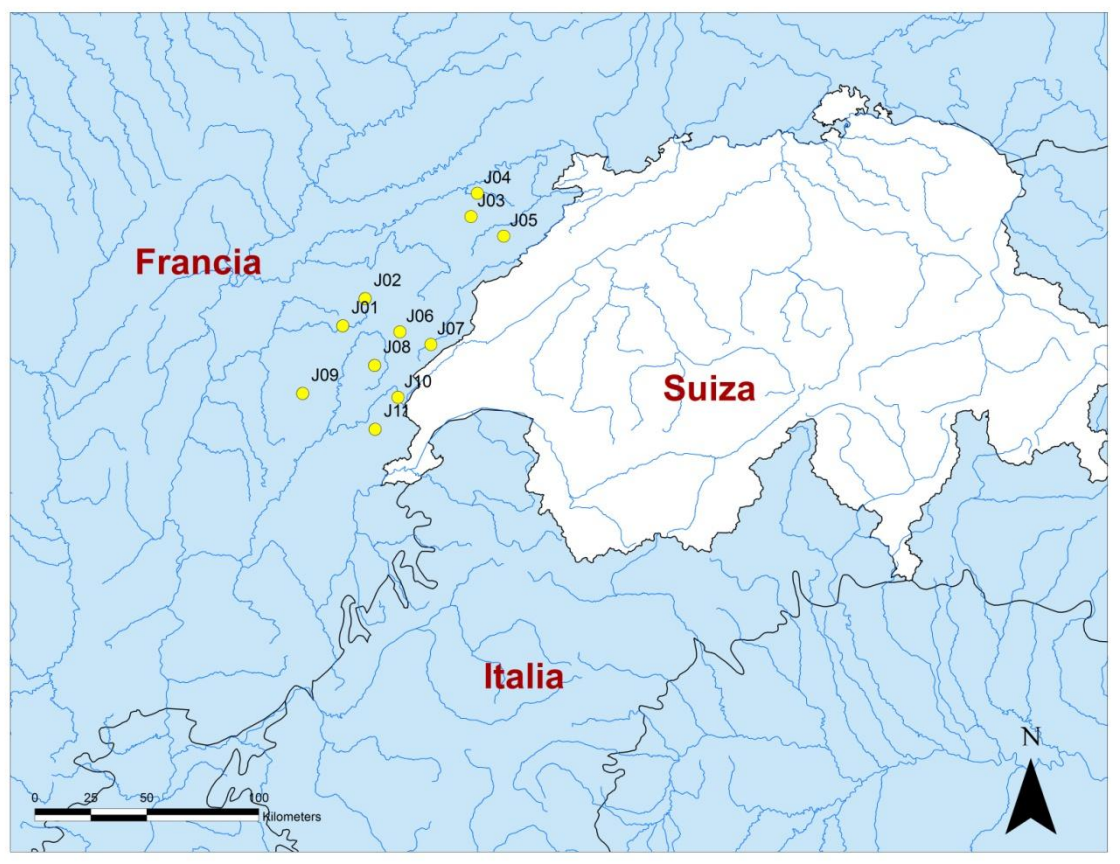
La precipitación anual aumenta hacia el sur y el oeste, llegando a más de 2.030 mm en el Monte Risouz y Monte Tendre, pero el Valle Delsberg y el corredor orientado al norte del río Ergolz (Liestal) reciben menos de 1.000 mm. El clima es de tipo transitorio marítimo-continental: es más inclemente en las alturas del Jura, y más suave en los valles protegidos y en las laderas orientadas al sur. Se pueden formar piscinas de aire frío en los valles altos en la temporada de invierno.

La vegetación natural es de tipo forestal en toda la superficie. Des de las más bajas altitudes hasta las más altas aparecen robledales y Hayedos Intercalados en elevaciones más altas con Abetos. En el Jura meridional, los Abetos se sustituyen por Arces. Las crestas por encima de la línea de árboles, la cual se encuentra a 1.600 metros, están cubiertas de pastos alpinos.

La fauna de la región está prácticamente extinguida.

Pertenece a la región biogeográfica Continental.

En el siguiente mapa se observa una ilustración de los ríos y las limitaciones de los alrededores de Jura. Y se encuentran localizados en color negro los puntos de extracción de las muestras. Estos puntos pertenecen al Jura francés, y como se observa en el mapa, está muy cerca de la línea que delimita la frontera con Suiza (que en la ilustración está en blanco). Esta línea fronteriza entre Francia y Suiza es también la línea de separación de la región biogeográfica Continental a la que pertenecen los puntos y la región Alpina. A la que pertenece el otro lado de la delimitación, Suiza y el norte de Italia.



Mapa 4.6. Puntos de muestreo de la región de Jura (Francia).

En esta área fueron recogidas también 33 muestras. Tres en cada uno de los 11 Puntos.

En esta área es en la única de las seis en las que los puntos de muestreo corresponden a diferentes husos horarios. La altitud media de recogida es de 591 metros, siendo la mínima a poco más de 650 m. y la máxima a casi 1000 m. La temperatura promedio del agua es de 9.8 °C y tiene una descarga media de agua en todos los puntos de 3.57 l/s.

La relación de los puntos muestreados con el nombre de los ríos se describe en la siguiente tabla:

Punto de muestreo	Nombre del Río	Topónimo
J01	Seille	Ladoye sur Seille
J02	Cuisance	Arbois-Mesnay
J03	Creuse	
J04	Cuisancin	Val de Cuisancin
J05	Consolation	
J06	Ain	Source de l'Ain
J07	Doubs	Mouthe
J08	Hérisson	Ilay
J09	Surans	Gigny
J10	Les Rousses	Les Rousses
J11	Flumen	Les Moulins

4.3.3 PICOS DE EUROPA

El área que abarca este muestreo se sitúa en una zona de alta montaña oceánica, la cual, no destaca especialmente por sus elevadas altitudes, pero sí por ser una zona de gran desnivel orográfico, superando en ocasiones los 2300 metros, debido a que se localiza muy próxima al mar.

Está situada al norte de la Península Ibérica y discurre paralelamente al Mar Cantábrico, por ello todos los ríos donde se recogieron las muestras desembocan en dicho mar. Limita al sud con las cuencas del Duero y el Ebro. Y ocupa territorio tanto de la provincia Española de Asturias como de Cantabria.

El relieve se presenta como un elemento clave en la configuración del paisaje. Este se debe, en parte a sus condicionantes geológicos y estructurales que lo componen junto con una prolongada erosión fluvial, además de contar con fenómenos de kárstificación y de la enorme influencia ejercida por los glaciares cuaternarios. Todo ello, junto con una dinámica activa de las laderas, a causa de las fuertes pendientes y el clima frío y la nieve (que aumenta su influencia en las partes superiores de las montañas) esculpen Picos de Europa.

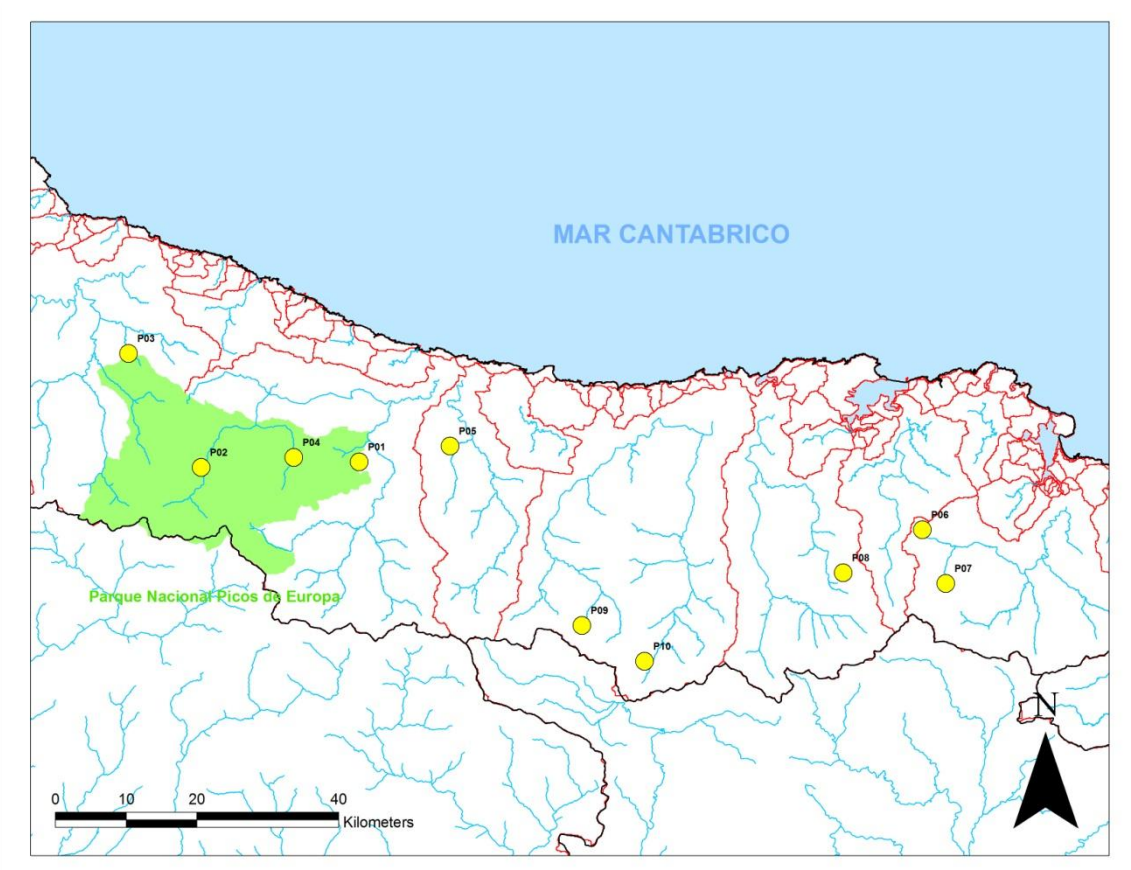
Fuera de Picos de Europa, en la Cordillera Cantábrica, existe una gran variación estratigráfica de las montañas, las cuales son casi completamente silíceas hacia el occidente del pliegue en la corteza que forma el Narcea, y es de material calizo hacia el oriente del pliegue. Este hecho condiciona que la vegetación que nace en las grietas del sustrato esté claramente diferenciada a ambos lados.

Además esta cordillera tiene una composición florística muy rica en plantas endémicas.

Como se muestra en el siguiente mapa, en esta extensa área de más de 180 km de longitud, en dirección oeste-este, se recogieron muestras de agua en 10 parajes diferentes. Cada uno de ellos pertenecientes a la cabecera de un río. Y en cada una de estas 10 zonas se obtuvieron tres muestras en el mismo punto del río pero a profundidades diferentes. Lo que hace un total de 30 muestras en dicha zona para el estudio.

Cuatro de estos puntos, se localizan dentro de los límites del Parque Nacional de Picos de Europa (como se observa en el mapa). Los demás se extienden hacia el este en la cordillera cantábrica.

La altitud media de recogida de muestras en esta cordillera de montañas es de 474 metros. Siendo el punto más alto de muestreo a 855 metros y el más bajo a 137 metros sobre el nivel del mar.



Mapa 4.7. Mapa de localización de los Puntos analizados en Picos de Europa.

Los puntos de muestreo se encuentran en pequeñas cuencas hidrográficas pertenecientes todas ellas a la Confederación Hidrográfica del Río Narcea.

La tabla siguiente informa de los nombres de la cuenca y el río donde fueron tomadas las muestras de los diez puntos de Picos.

Punto de muestreo	Nombre de la Cuenca	Nombre del Río
P01	Deva	Bejes
P02	Cares	Peguera
P03	Sella	Covadonga
P04	Cares	Duje
P05	Nansa	Venta Fresnedo
P06	Asón	Bustablado
P07	Asón	Asón
P08	Pisueña	Pisueña
P09	Saja	Quericado
P10	Besaya	Sietefuentes

La temperatura del agua de estos puntos varía des de 7.5°C hasta 12.6°C, con un promedio de 10.3°C en toda la zona.

La zona muestreada abarca un área de 100 km^2 . Y se extiende entre las localidades de Almería y Jaén, algunas de las cuales se encuentran muy cerca de Granada y Sierra Nevada.

La altura media de recolección es de 475 m.

4.3.4. REGIÓN DE JÄMTLAND

Es una zona perteneciente a la Suecia occidental, situada cerca de la frontera con Noruega. La tierra se levanta hacia el oeste hasta 1.762 metros de altitud, pero cae por debajo de los 1.500 metros en el este.

Esta región está drenada por el río Ljungan, Indalsälven, Ångermanälven y Ljusnan; Storsjön es el mayor de sus numerosos lagos.

Pertenece a la región biogeográfica Boreal, aunque muy cerca del límite de la región Alpina que de Noruega. Se asume, entonces, las características del Norte de la región Boreal como características intrínsecas del área Jämtland.

Esta región se caracteriza por bosques de taiga y turberas, además de contener numerosos lagos y ríos que constituyen las características paisajísticas.

La geología de la región boreal se caracteriza por tener viejos residuos de rocas sedimentarias y cimientos como gneis y granitos. La erosión glacial y post-glacial y otros depósitos asociados han formado las grandes llanuras onduladas y colinas interrumpidas por ocasionales afloramientos montañosos, como Jämtland, y valles fluviales.

El hielo en estas latitudes ha cavado numerosas depresiones, lo que combinado con los efectos de un clima fresco y húmedo, se ha traducido en un número excepcionalmente grande de los lagos, ríos y otros humedales.

La región tiene un clima templado-frío, con un clima húmedo de tipo sub-oceánico en el oeste y sub-continental en el interior y el este. El factor climático más significativo para la biodiversidad es la longitud de la estación de crecimiento, que define el período productivo, y la cantidad y la duración de la cubierta de nieve. El período de vegetación en verano varía entre 100 días en el norte y de 200 días en el sur. Las precipitaciones varían entre 500 y 800 mm. por año, con extremos de 300 y 1 200 mm. La evaporación es baja y los periodos prolongados de sequía son raros. La nieve cubre el suelo durante varios meses durante el invierno.

El promedio de temperaturas anuales son generalmente bajos, pero varía mucho a lo largo de la región.

Más del 58% de la región está cubierta por bosques y otras tierras boscosas.

El límite de zona arbolada no sube más de alrededor de 300 -500 metros en muchas zonas del norte. Los rodales de árboles de hoja caduca se producen en toda la región, en la parte norte principalmente asociado con biotopos especiales, a menudo perturbada por incendios o inundaciones, o en terrenos particulares.

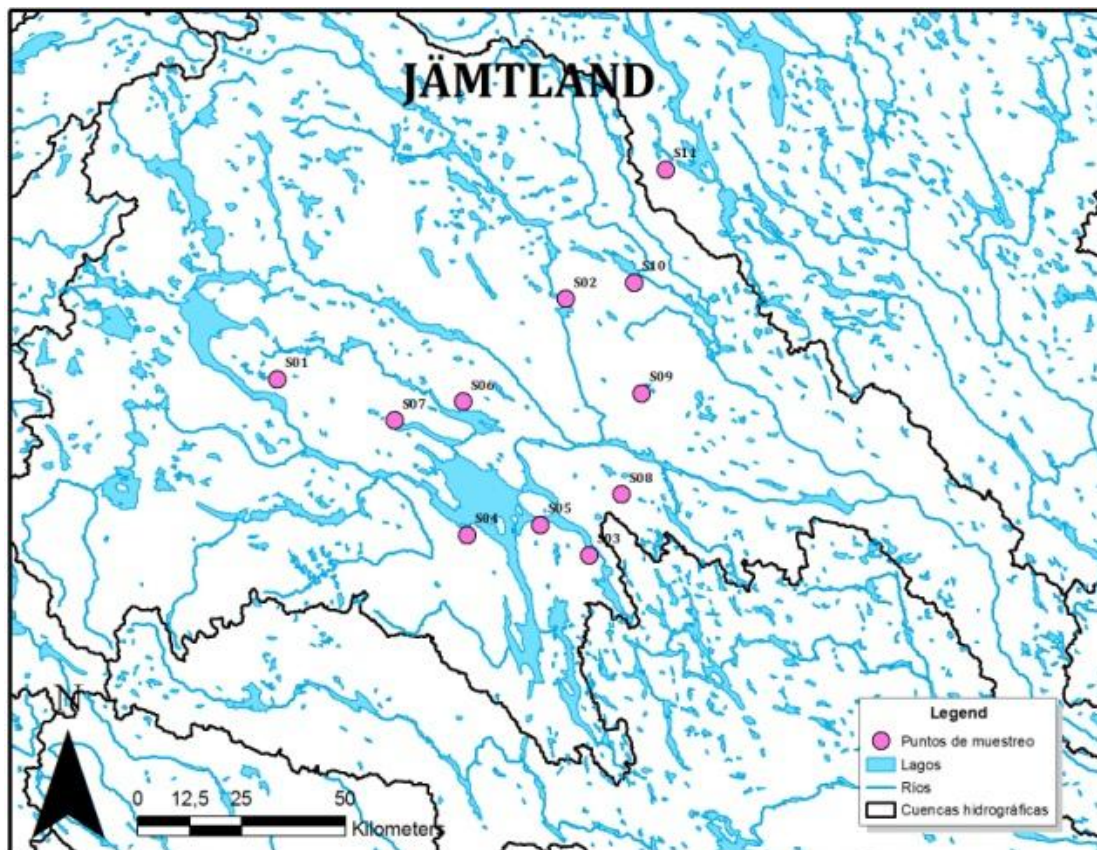
La mayoría de los árboles son sensibles al clima y el cambio gradual de su distribución hacia el norte podrá servir como indicadores a largo plazo para el cambio climático.

Hay cientos de miles de lagos en la región, por lo menos 3/4 de los aproximadamente 600.000 lagos naturales más grandes de Europa de 0,01 km^2 se encuentran aquí. La mayoría de ellos son pequeños (menos de 1 km^2).

Sólo los lagos más grandes y en las zonas de montaña tienen profundidades medias superiores a 20 metros. La mayoría de los lagos boreales están cubiertos de hielo durante varios meses al año, por ello desarrollan agudos perfiles de temperatura durante el verano, y tienen rotación pronunciada de agua en primavera y otoño. Muchos de los pequeños lagos asociados a los bosques o turberas están muy influenciados por los depósitos de turba y tienen alto contenido de humus. Varios lagos de las tierras bajas y cursos de agua han sido influenciados por la agricultura, la industria forestal, la escorrentía urbana y aguas residuales y han desarrollado un carácter más eutrófico como consecuencia. Suecia estima que aún tienen alrededor de 8.000 lagos oligotróficos naturales.

Con los amplios pantanos y ciénagas, lagos y bosques presentes en las cuencas fluviales, en la región existe una enorme capacidad natural de almacenamiento de agua, dando lugar a una liberación lenta de agua. Sin embargo, el caudal de los ríos en la región Boreal tiene fuertes inundaciones en primavera y principios del verano, debido a la fusión de la nieve, mientras que el flujo es más bajo en invierno.

A continuación se presenta un mapa en el que se pueden observar los ríos y lagos de la región con las delimitaciones de las cuencas hidrográficas, se resaltan en color los puntos de toma de muestras. Como se observa, en este caso, 10 de los 11 puntos tomados pertenecen a la misma cuenca hidrográfica



Mapa 4.8. Localización de los Puntos muestreados en Jämtland (Suecia).

De esta región no se dispone de los nombres de los ríos, cuencas hidrográficas y topónimos.

Se recogieron 33 muestras en la cabecera de once ríos diferentes con una temperatura media del agua en primavera de 10.8°C, a unas altitudes más bajas que en el resto de regiones. La altitud media es de 340 metros sobre el nivel del mar, siendo la más alta de ella a 478 m.

4.3.5. CORDILLERA BÉTICA

La Cordillera Bética, junto con el Rif en el Norte de Marruecos, forma el sector más occidental del conjunto de las cadenas alpinas mediterráneas. Ocupa el sur y sureste de España alcanzando en tierras emergidas unos 600 km de largo y unos 200 km de ancho prolongándose bajo las aguas del Mediterráneo y del Golfo de Cádiz (C. Sanz de Galdeano, J.A. Vera, 1991). Es el conjunto de montañas que se extienden desde el Golfo de Cádiz hasta las costas meridionales de la península. Al N está limitada por la cuenca del Guadalquivir y por el borde meridional del Macizo Ibérico y Sistema Ibérico, mientras que en el borde S se localiza el mar de Alborán. Sin embargo, en sentido geológico, se extiende más allá de los límites geográficos, prolongándose hacia el S por debajo del mar de Alborán y hacia el NE parte de sus estructuras se continúan sin interrupción por el fondo del Mediterráneo y parte del promontorio balear hasta la isla de Mallorca.

Esta cadena se formó como consecuencia del régimen compresivo que comenzó a finales del Cretácico y que afectó principalmente a los bordes N y S de la placa Ibérica. Sin embargo, su estructura y evolución posterior es mucho más compleja, ya que esta cadena resulta de la interacción de dos grandes placas y de un bloque continental (microplaca de Alborán, actuales Zonas Internas) que se desplaza hacia el O y que finalmente colisiona contra los márgenes mesozoicos de Iberia y NO de África, formando la Cordillera Bético-Rifeña.

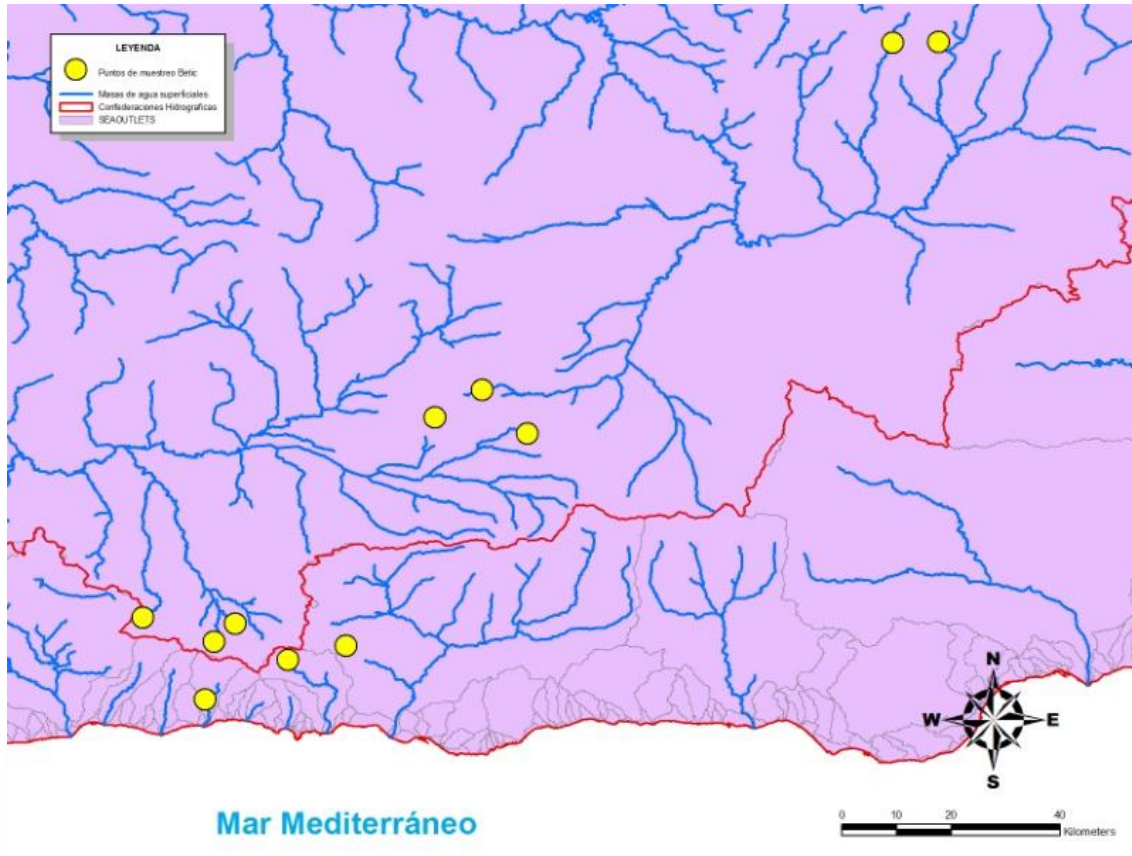
Gran parte de su superficie está protegida como espacio natural mediante parques naturales como la sierra de los Alcornocales, sierra de Grazalema, sierra de las Nieves, Montes de Málaga, sierra Mágina, sierra de Cazorla, Sierra Nevada, etc.

Los principales ríos que parten de esta región son el río Guadalquivir, que desemboca en el océano Atlántico, el río Segura que desemboca en el Mediterráneo y el río Mundo, afluente del Segura por la izquierda.

Las mayores altitudes se alcanzan en los picos: pico Mulhacén (3.478 m) el mayor de la península y pico Veleta (3.392 m), y en su entorno: Pico Sagra (2.381 m), pico Almadén (2.032 m) y pico Orduña (1.931 m). (Wikipedia)

En la región de estudio más meridional de Europa se hallaron muestras en 11 ríos diferentes, haciendo un total de 33 muestras.

Los once puntos y su localización se muestran en el siguiente mapa.



Mapa 4.9. Localización de Puntos de muestreo en la Región Bético (España)

Es la región de mayor altitud media de muestreo, siendo a casi 1000 m. Comprendiéndose todas entre aproximadamente 700 y 1200 m.

La temperatura del agua es bastante cálida, con una media de 11.7 °C. La descarga de agua promedio de los puntos de muestreo es de 5,48 l/s.

La tabla siguiente informa de los nombres de la cuenca y el río donde fueron tomadas las muestras de los diez puntos de Bético.

Punto	Cuenca hidrográfica	Cuenca hidrográfica Principal	Río	Topónimo
B01	Genil	Guadalquivir	Aguas Blancas	Tocón
B02	Guadiana Menor	Guadalquivir	Arroyo de Prado Negro	Venta del Molinillo
B03	Guadalfeo	Guadalfeo	Arroyo de la Toba	Guajar Alto
B04	Genil	Guadalquivir	Arroyo del Cerezal	Cortijo del Cerezal
B05	Verde	Verde	Verde	Bco. de los Madroñales
B06	Chíllar	Chíllar	Chíllar	Cerro Fuerte Perro
B07	Genil	Guadalquivir	Venta Vicario	Loma de Ubares
B08	Genil	Guadalquivir	Cebollón	Cruz Los Llanos
B09	Guadiana Menor	Guadalquivir	Castril	Bco. de las Palomas
B10	Guadiana Menor	Guadalquivir	Guardal	Cortijo de la Natividad
B11	Genil	Guadalquivir	Darro	Fuente la Teja

4.3.6. MONTAÑAS DEL RIF

El Rif es una cadena montañosa que geológicamente forma parte del Arco de Gibraltar (junto con la Cordillera Bética). Esta región se sitúa en Marruecos, al norte del continente Africano, siendo la única de las áreas estudiadas que no pertenece Europa. Se trata de una cadena alpina que emerge al norte de dicho país, extendiéndose paralelamente a la costa mediterránea. Tiene un relieve abrupto a orillas del mar y cuenta con altitudes superiores a los 2000 m.

Al este, las cumbres de caliza se pueblan de árboles y en la sección central del Rif, las encinas dan paso a elevados bosques de cedros. Aquí se encuentra el Tiguidín, una montaña cuya cima suele estar cubierta de nieve. Después, las montañas son más rojas y el terreno se encuentra desnudo y yermo en los alrededores de Alhucemas. Desde aquí hasta Uxda (situada al sur de una fértil llanura costera, en la frontera con Argelia) el terreno está lleno de lechos de río secos, los "Ighezran" (en español, ríos).

Sus mayores cumbres son el Tidirhin con 2.452 m en la región de Ketama, el Akra con 2160 m, sobre Bab Taza, el Tisuka con 2.122 m y el Sfiha Telj con 2038 m, rodeando Chefchauen, y el Kelti con 1.926 m, cercano a Souk el Arba de Beni Hasan.

Los núcleos urbanos importantes de la zona son las ciudades de Tetuán y Tánger.

La alta pluviosidad (supera los 1000 mm) y las nieves de las cumbres, que duran hasta el mes de mayo, mantiene bosques típicos de latitudes más húmedas.

La vegetación es típicamente mediterránea y se inicia en las partes bajas con bosques de "araar" y acebuche, que la mayoría de las veces están muy degradados, pero se conservan ejemplares centenarios en pequeños bosquecillos junto a los santuarios y cementerios. Entre ellos se desarrolla un sotobosque de lentisco, mirto y madroño, y es frecuente encontrar ejemplares de gran talla de algarrobo. A medida que se gana altura van apareciendo los bosques más húmedos de robles, alcornoques, abetos y cedros.

En los lechos de los ríos y barrancos se desarrollan los bosques de adelfas y fresnos, y en lugares más altos aparece la laurisilva, con algunos alisos centenarios.

Los arroyos de la vertiente mediterránea poseen un perfil muy elevado, en una distancia corta descienden hasta 2000 m. potenciando su capacidad erosiva. Como consecuencia de esto han excavado valles muy diferentes entre ellos. De esta forma, la disposición del relieve no ha permitido la creación de extensas llanuras litorales. (Dámaso Munárriz).

El siguiente mapa muestra la localización de los puntos de trabajo.



Mapa 4.10. Vista aérea del Rif y puntos de recogida de muestra en Marruecos.

La localización de los Puntos en las diferentes cuencas hidrográficas y ríos se encuentra detallada en la siguiente tabla.

Punto	Cuenca Hidrográfica	Río	Topónimo
R02	Laou	Maggo	Nord Village Maggo
R04	Laou	Kalaa	Akchour
R05	Martil	Arozan	Beni Moussa
R06	Laou	Tassakiste	Afechtal
R08	Adelmane	Beni M'Hammed	Beni M'Hammed
R09	Laou	Farda	Afaska
R10	Laou	Farda	Imizzar

Como se observa en la se muestrearon solamente siete puntos. Los promedios de los cuales para las variables físicas son las siguientes. Se sitúan entre unas alturas de 600 a más de 100 m. La temperatura media del agua del lugar es muy cálida, siendo de 12,5 °C. Y el caudal de los ríos oscila entre 0,19 y 3,32 l/s.

Todos los mapas expuestos en el presente trabajo se hicieron a propósito del mismo y la con intención de visualizar las regiones y sus puntos de muestreo. Se realizó una segunda versión de los mapas etiquetando por cada Punto de muestreo el número de género encontrados y la descarga de agua en dicha localización. En algunas de las regiones se hicieron mapas complementarios con imágenes satelitales, pero no se encontraron dichas capas para todas las montañas. En la memoria del proyecto, así como en los anejos, se adjuntan aquellos mapas que pudieron terminarse debido a la difícil recerca de algunas capas. Se construyeron con el programa ArcMap 9.2 de ArcGis 9.

Las capas para los puntos de todas las regiones se realizaron con la información de partida de las coordenadas UTM.

El resto de capas, como los ríos, cuencas, confederaciones hidrográficas, regiones biogeográficas, etc. fueron añadidas y previamente buscadas en internet.

La bibliografía de páginas en las que se encontraron todas las capas utilizadas se añaden a continuación.

5. METODOLOGÍA

5.1. MUESTREO Y ELECCIÓN DE LOS TRAMOS

La elección de las regiones en la Península Ibérica se hizo usando mapas y la experiencia anterior del equipo solicitante del proyecto RICHABUN, mientras que la selección en las otras regiones se llevó a cabo mediante la colaboración con los investigadores de esas regiones con una amplia experiencia en estudios de campo de los ecosistemas de agua dulce. Para eso, se mantuvo en contacto con varias instituciones que brindaron su apoyo al proyecto.

Posteriormente en cada región se escogieron los ríos y puntos de muestreo sobre el mapa teniendo en cuenta las características anteriormente mencionadas donde la región debe ser aproximadamente entre $100 \times 100 \text{ m}^2$. Todos los puntos también son de referencia, tienen una diversidad de hábitats alta y presentan buena calidad ribereña. Además de ser zonas de alta montaña y tener una geología calcárea. Para cada Punto y temporada, se recopilaban 3 muestras cuantitativas a diversas profundidades, mediante un Surber "Hess Wildco Sampler" con una malla de $363 \mu\text{m}$ y un diámetro de 30 cm.

Las muestras se tomaron en una porción muy pequeña de río, donde se pone el Surber, es un área pequeña que puede identificarse como un microhábitat.

Los microhábitats se definen como una pequeña zona (de tamaño menor que el mesohábitat), en la cual se miden unas determinadas condiciones del hábitat físico (por ejemplo, velocidad, profundidad, sustrato,...), y que es ocupada por una especie, en una etapa de desarrollo, durante algún período de su ciclo vital.

En la fotografía posterior se muestra el aparato de recogida de muestras.



Ilustración 5.1: Muestrador Hess Wildco Sampler.

http://www.comercialdeacuicultura.com/b2c/index.php?page=pp_producto.php&md=0&codp=374

Las muestras fueron conservadas en alcohol al 100% y llevadas al laboratorio donde todos los insectos acuáticos, excepto “Diptera”, fueron identificados a nivel de especie. Diptera no se identificó por las dificultades taxonómicas para llegar a dicho nivel. Sin embargo, los datos de invertebrados para el presente estudio están todos a nivel de géneros, no llega ninguno a especie.

Además de las muestras obtenidas con el “Hess”, se recogieron también las pupas y los adultos de algunos insectos, que no fueron contados, pero que ayudaron a garantizar la identificación de larvas.

5.2. MEDICIONES HIDRÁULICAS

Al pertenecer este estudio a un proyecto mucho mayor, el RICHABUN PROYECT, se midieron, para ello, muchas más variables físicas, químicas y biológicas de las utilizadas para el presente trabajo.

Las mediciones utilizadas para este estudio se recogieron por el equipo de investigadores y colaboradores del proyecto Richabun.

Las características fisicoquímicas se midieron in situ utilizando medidores portátiles (por ejemplo, pH, oxígeno, conductividad, salinidad, **temperatura**).

La **Descarga** de agua se midió utilizando un medidor de flujo y el cálculo de la sección se hizo en 3 transectos seleccionados aleatoriamente.

La **Granulometría** de cada muestra se midió utilizando un granulómetro y está contabilizada como el número de partículas que pasan por cada pequeño orificio de la malla. Esta se midió en diferentes tamaños, siendo la correspondencia en la tabla de datos a los diámetros de las partículas siguientes:

Granulometrías	Diámetros de las partículas
≥12	≥ 17.1 cm
11	15.5 cm
10	14.1 cm
9	12.8 cm
8	11.4 cm
7	9.9 cm
6	8.5 cm
5	7 cm
4	5.7cm
3	4.3 cm
2.5	3.5 cm
1.5	2 cm
1	1 cm

Posteriormente para los análisis, se agruparon las diferentes granulometrías en tres grupos: finas de 1-4, de 5-8 medias y de 9-≥12 gruesas.

Los **porcentajes** del resto de **sustratos** también se midieron con un granulómetro. Se adjunta a continuación una foto del aparato.



Ilustración 5.2: Granulómetro. http://www.comercialdeacuicultura.com/b2c/index.php?page=pp_producto.php&md=0&codp=374

Las medidas de **Velocidad** de la columna de agua se tomaron con un velocímetro (miniAir) haciendo una media de 6 profundidades.

Los **porcentajes de cobertura** de material orgánico se calcularon a ojo. Esto siempre lo hizo la misma persona para disminuir el margen de error, dicha persona era también el muestreador.

Las **coordenadas geográficas** y la **altitud** se determinaron con un GPS i la **profundidad** con una regla medida.

5.3. IDENTIFICACIÓN EN EL LABORATORIO

Los macroinvertebrados se identificaron y contaron a nivel de especie, para ello, el proyecto RICHABUN implicó a especialistas en taxonomía de la Península Ibérica que han trabajado también en otras regiones incluidas en el proyecto. Además, se mantuvo contacto con especialistas en taxonomía de las otras regiones que proporcionaron ayuda en la identificación.

El grupo de investigación para el Proyecto RICHABUN tiene una larga experiencia en la taxonomía de casi todos los insectos acuáticos:

Ephemeroptera (Dr. Alba-Tercedor), Trichoptera (Dra. Zamora-Muñoz y la Dra. Bonada.) y Coleoptera (Dra. Sáinz-Cantero y Dra. Garrido). La inclusión de Dra. Garrido en el proyecto se justifica porque la identificación de Coleoptera es muy tediosa porque cada muestra tiene que ser preparada de forma individual, por lo que es necesaria la colaboración de dos especialistas. Además, Dra. Garrido tiene una larga experiencia en Coleoptera del norte de Península Ibérica. Para el resto de los grupos taxonómicos, se contó con la colaboración de otros investigadores de la Universidad de Granada, como el Dr. Tierno de Figueroa, que ayudó a identificar Plecopteros.

5.4. REPRESENTATIVIDAD DE GÉNEROS POR REGIONES

Se inicia el estudio disponiendo de una gran base de datos completa y diversa. Dichos datos, como se ha explicado anteriormente, aportan información acerca de los géneros de macro-invertebrados y sus abundancias encontrados en las muestras recogidas en las cabeceras de 61 ríos Europeos pertenecientes a 6 Áreas de estudio diferentes.

A parte de datos de familia, género y cantidad de invertebrados, se dispone también, para cada una de las muestras recogidas con información física, como la Temperatura y Velocidad del agua, profundidad de recogida de la muestra o calado, descarga de agua o caudal, porcentaje de cobertura de algas, musgos y macrófitos, así como los porcentajes ocupados por diferentes sustratos, como lecho rocoso, arena y grava de diferentes diámetros.

Como variables concerniente a la ubicación del lugar muestreado, se tiene, el nombre del país y la zona montañosa a la que pertenece, la altitud del Punto, las coordenadas geográficas X e Y, el huso horario y en algunos casos el nombre de la cuenca hidrográfica que lo contiene y el nombre del río.

Con todas estas variables relevantes en la distribución de los invertebrados se pretende estudiar la preferencia de los mismos respecto a las condicionantes del micro-hábitat.

Como análisis preliminar de los datos se quiso observar mediante la ejecución de cálculos y gráficos sencillos la distribución y abundancia de los géneros en cada Área, Punto y Muestra.

Para ello se dividió la base de datos inicial en otras más pequeñas que contienen exclusivamente información de un Área de estudio. Así se crearon seis archivos con datos de Bético, Jämtland, Jura, Cárpatos, Rif y Picos por separado, en los que se resumen de manera numérica y gráfica, y por lo tanto, visible y rápida la abundancia de los géneros en cada una de ellas.

Seguidamente se realizó otra tabla en la que solamente se exponen aquellos géneros más abundantes y sus cantidades. Los géneros más abundantes se entienden por aquellos que representan más de un 1% del total hallados en el Área.

Y por último se diseñó un gráfico con los géneros más abundantes en porcentaje respecto al total.

Cada uno de estos archivos de Áreas se dividió a su vez en otros tantos subconjuntos de datos. Esta vez, uno por cada Punto (o Río).

Al ordenar de dicha manera los datos, se obtiene un acceso más rápido y claro y con una primera observación más estratificada. Pudiendo acceder a la información en el estrato que se desee, ya sea más local o más regional y en formato de tabla o gráfico.

Después, se agruparon los datos de las abundancias de insectos por muestras (o profundidades) y con estos datos se obtuvo un gráfico de barras que informa de la cantidad de los géneros más abundantes por Punto y muestra. Los géneros más abundantes en cada Punto se consideran aquellos que en todo el Punto sumen con las tres muestras igual o más de 150 ejemplares.

5.5. PRESENCIA, AUSENCIA Y PREVALENCIA POR GÉNEROS

PRESENCIA DE LOS GÉNEROS

A la cantidad de ocasiones en las que aparece un género determinado en el total de muestras tomadas se le denomina "Presencia" del mismo.

La Presencia tiene en cuenta si aparece o no un determinado género en una muestra y no en qué cantidad lo hace. Por tanto, si existe Presencia de un determinado invertebrado en una muestra, no importa si lo hace con 2 individuos o con 200. En esta parte del estudio lo que es más significativo es su aparición en la muestra, es decir, su Presencia.

Para iniciar con el procedimiento se ordenaron en forma decreciente los datos del estudio en función de la Presencia.

AUSENCIA DE LOS GÉNEROS

Otro dato a tener en cuenta es la “Ausencia”.

La “Ausencia” se entiende como lo contrario a la “Presencia”. Es decir, la cantidad de veces que no aparece un determinado género en cada una de las Áreas. O lo que es lo mismo, la “Ausencia” es la resta de las muestras totales recogidas en cada Área menos las “Presencia” de cada género en dicha Área.

$$\text{Ausencia} = \text{Muestras recogidas} - \text{Presencia}$$

PREVALENCIA DE LOS GÉNEROS

Para completar la información sobre los géneros de estudio y sus apariciones a lo largo de las Áreas y en sus 183 muestras tomadas, se diseña la siguiente tabla, en la cual, se muestran las ocasiones en las que un género está presente expresada en porcentaje respecto al total de muestras.

Como se ha indicado antes, esto nos aporta una idea más fiel sobre la importancia de determinados géneros en las Áreas y en el territorio completo. A estos porcentajes, les denominamos “Prevalencia” de los géneros.

5.6. TEST DE USO NO ALEATORIO

El estudio estadístico de los datos se hace solamente con los géneros seleccionados anteriormente por su mayor “Presencia”, así se reducen esta cantidad a menos de una tercera parte. Con la base de datos de la que se partió inicialmente y con los géneros, se crea un conjunto de datos nuevo y más completo, en el que se expone de forma panorámica una gran matriz.

Para esta parte del estudio se decide dejar de trabajar con cantidades de individuos y pasar a calcular con los datos de “Presencia” y/o “Ausencia” de los mismos, porque son datos mucho más robustos y consistentes que las cantidades. Los datos de cantidades no están uniformemente distribuidos ni segmentados en rangos, por ello se elige trabajar con presencias de los géneros.

Entonces, en las columnas pertenecientes a los géneros, se sustituyen todas aquellas cantidades de insectos encontrados por el número 1 y en las muestras que no se encontró el insecto se anota el número 0. Así se tienen solamente dos tipos de datos:

1: Presencia del Género.

0: Ausencia del Género.

Se tiene entonces una matriz binomial con datos de presencia/ausencia de géneros, las cuales son las variables dependientes, más datos de variables del microhabitat, que funcionan como variables independientes o como factores, de cada una de las muestras del proyecto.

Para los siguientes análisis se utilizó el programa estadístico de “IBM SPSS Statistics” en la versión 20 y se decide hacer “pruebas no paramétricas” para dos variables independientes.

Las pruebas no paramétricas son útiles en este caso porque son aquellas que no necesitan partir de un supuesto inicial de distribución. Es decir, a priori, no se puede asumir que los datos se vayan distribuir de una forma conocida.

Se elige hacer estas pruebas para dos muestras independientes dado que se pretende comparar dos grupos de casos existentes en una variable.

Los dos grupos de casos existentes en todas las variables son el 1 y el 0, es decir la presencia y ausencia de cada género. Estas son las dos muestras independientes.

Lo que se pretende saber con esto es si existe una diferencia en los datos de las variables en función de si aparece o no un determinado género. Explicado de otra manera, lo que se quiere es averiguar si el que aparezca o no un determinado género depende de las variables estudiadas.

Para ello se hizo un análisis por separado para cada uno de los géneros.

Se estudió las dos poblaciones, las cuales son el 0 y el 1 (Presencia y Ausencia) en relación con las variables numéricas, que para este análisis se han considerado diez.

Las dos Pruebas no Paramétrica que se quieren hacer, son la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba U de Mann-Whitney.

La explicación de estas dos pruebas parte de una hipótesis inicial, llamada "Hipótesis nula", en la que se asume que la distribución de una determinada variable de escala es la misma entre las categorías de un género. Un ejemplo de hipótesis nula sería asumir que la distribución de la variable "Velocidad" es la misma para todo el género "Elmis" tanto si aparece como si no en las muestras.

Ho: Hipótesis Nula —————> No hay diferencia. Se debe solamente al azar.

No depende de la variable.

Ha: Hipótesis Alternativa —————> Si hay diferencia. Si que depende de la variable

El umbral para considerar diferentes o no las dos distribuciones depende de el nivel de significancia resultado. Si este nivel es mayor de 0.05 la distribución es la misma, con lo

cual nos quedamos con la hipótesis nula como válida. Si, por el contrario, es menor o igual a 0,05 entonces son distintas las distribuciones y se rechaza la hipótesis nula.

5.6.1. PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Esta es una prueba más general que la siguiente y se utiliza para determinar la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí. Trata de encontrar las diferencias entre las posiciones y las formas de las distribuciones. La prueba de Kolmogorov-Smirnov se basa en la diferencia máxima absoluta entre las funciones de distribución acumulada observadas para ambas muestras. Cuando esta diferencia es significativamente grande, se consideran diferentes las dos distribuciones.

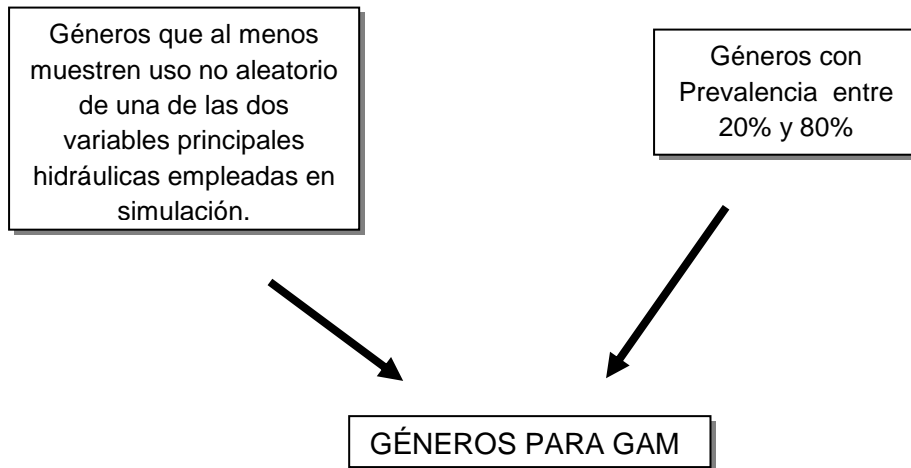
5.6.2 .PRUEBA U DE MANN-WHITNEY

La prueba U de Mann-Whitney es la más conocida de las pruebas para dos muestras independientes. La prueba de Mann-Whitney contrasta si dos poblaciones muestreadas son equivalentes en su posición.

Es, de hecho, la versión no paramétrica de la habitual prueba t de Student.

A partir de estas conclusiones se relajarán posteriormente Modelos estadísticos para aquellos géneros que al menos muestren uso no aleatorio de una de las dos variables principales hidráulicas empleadas en simulación, que son, Depth (profundidad o calado) y Velocity (Velocidad de la columna de agua).

Con estos géneros seleccionados y los que se seleccionaron anteriormente en la tabla de Prevalencias, los que tenían un porcentaje de presencia entre el 20% y 80%, se combinan para elegir solamente aquellos géneros coincidentes en las dos listas.



Estos géneros obtenidos se utilizarán para la realización de modelos aditivos generales (GAM), en el estudio posterior.

5.7. MODELOS ADITIVOS GENERALIZADOS

Con el fin de investigar las preferencias de los invertebrados sobre las características de su microhábitat, se modelaron los datos de presencia/ausencia de los géneros conforme a las variables físicas del hábitat. Para ello, se utilizaron Modelos Aditivos Generalizados (GAM) y Modelos Lineales Generalizados (GLM).

Los modelos lineales generalizados son una extensión de los modelos lineales que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores (binomiales, Poisson, gamma, etc) y varianzas no constantes. (*L. Cayuela, 2011*).

Un GAM (*Hastie and Tibshirani, 1986, 1990*) es un Modelo Lineal Generalizado (GLM) con una predicción lineal en términos de suma de las funciones de suavizado de las variables predictivas. El parámetro exacto de una de estas funciones es desconocido, como es el grado de suavizado adecuado para cada uno de ellos.

En general los modelos tienen una estructura como esta:

$$g(\mu_i) = X_i \vartheta + f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) + \dots$$

Donde μ_i es la variable respuesta, X_i es una fila de la matriz modelo para todos los componentes del modelo estrictamente paramétricos, ϑ es el correspondiente vector paramétrico, y f_1, f_2, f_3, \dots las funciones de suavizado de las variables predictivas x_1, x_2 y x_3 (*Wood 2001*).

Los modelos aditivos generalizados (GAM) ofrecen un enfoque alternativo para el desarrollo de las funciones de idoneidad del hábitat. (*Jowett, Davey, 2007*)

Las ventajas potenciales de los GAM incluyen la capacidad de (1) calcular la correlación entre variables del hábitat, (2) incluir las interacciones entre las variables, (3) hacer predicciones cuantitativas de la abundancia o probabilidad de ocurrencia en los flujos dados y (4) identificar umbrales bruscos en la selección del hábitat. (Jowett, Davey, 2007).

Se denominan funciones de vínculo canónicas a las funciones que se aplican por defecto a cada una de las distribuciones de errores. Esto no significa que siempre se deba usar una única función de vínculo para una determinada distribución. De hecho, puede ser recomendable comparar diferentes funciones de vínculo para un mismo modelo y ver con cual se obtiene un mejor ajuste del modelo a los datos. (L. Cayuela, 2011). Esto es lo que se hizo para analizar los datos del presente trabajo.

Para la elección de los grados de libertad de la función de suavizado (edf) se usó la regresión “spline penalizada” (Wood y Augustin 2002).

Para empezar se examinó la relación de linealidad entre pares de variables mediante el test de correlación de Pearson ($p < 0.05$).

Después, se usó el procedimiento por pasos hacia atrás (Backward) para la selección de las variables predictivas mediante un modelo lineal. En esta ocasión, se partió de un modelo inicial donde se incluyeron todas las variables y se fue retirando sucesivamente la variable que no mejoraba el modelo según los términos del Criterio de Información de Akaike (AIC), hasta alcanzar un modelo lineal óptimo de una o varias variables (Zuur et al. 2009).

Una vez hecho estos pasos se quiso investigar, primeramente, qué variables están relacionados con la asignación de un género a una clase o u otra (0 ó 1) mediante GLM con una distribución de errores de tipo binaria. La variable respuesta contiene sólo 0s y 1s, en donde un 0 representa ausencia y un 1 presencia.

Para ajustar el modelo con una función canónica binaria, se crearon modelos separados para cada una de las variables. Terminado el proceso, se construyó un modelo final solamente con aquellas variables con un nivel de significación menor de 0.05 aproximadamente, teniéndose en cuenta los coeficientes de determinación R^2 y el porcentaje de varianza explicada.

En segundo lugar, con intención de comparar los resultados de diferentes funciones de vínculo para un mismo modelo, se analizó para una distribución normal. Se construyeron los GAM usando las variables predictivas anteriormente seleccionadas (con el método Backward). No obstante, se excluyeron de los GAM las variables que tenían un nivel de significación mayor de 0.05 aproximadamente. También se tuvo en

cuenta los coeficientes de determinación R^2 y la Deviance Explainedo varianza explicada como criterios para seleccionar el mejor GAM (Wood 2006).

Para construir los modelos y generar las gráficas de las dos distribuciones se usó las funciones *gam* del paquete *mgcv* (Wood 2006) en R 2.15 para Windows (R Development Core Team, 2008). Se aplicó el error con una distribución gaussiana.

Se hicieron tanto los modelos utilizando las familia binomial como la gaussiana.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. REPRESENTATIVIDAD DE GÉNEROS POR REGIONES

Los archivos por regiones contienen en primer lugar una tabla con todos los géneros encontrados y sus cantidades de individuos, indicando también la suma total de todos los invertebrados contados y la cantidad de géneros diferentes hallados. Estas tablas se adjuntan en el anejo.

También se hizo un gráfico con los géneros más abundantes en porcentaje respecto al total.

Las tablas de los géneros más abundantes y sus cantidades y los gráficos en forma de tarta para cada región son las siguientes:

Tabla 6.1.1: Cantidades de los géneros más abundantes en la región Bético.

Géneros más abundantes en Bético	Cantidad
Chironomidae	6520
Ostracoda	6091
Leuctra	3431
Oligochaeta	3041
Baetis	2334
Echinogammarus	1369
Micrasema	639
Ceratopogonidae	629
Esolus	620
Otros	4690

Gráfico 6.1.1: Porcentajes de los géneros más abundantes en Bético.

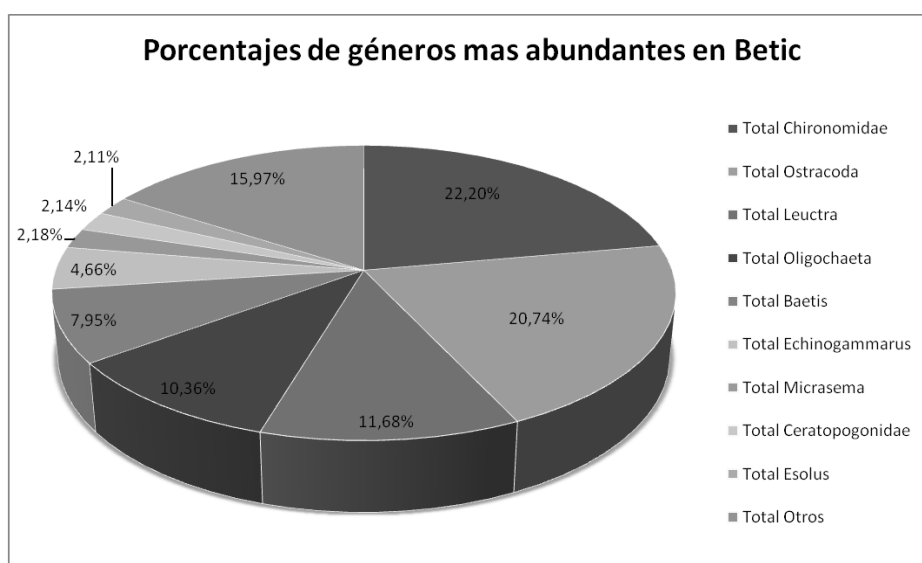


Tabla 6.1.2: Cantidades de los géneros más abundantes en la región Cárpatos.

Géneros más abundantes en Cárpatos	Cantidad
Chironomidae	11320
Gammarus	2522
Rhithrogena	1453
Leuctra	1372
Baetis	1292
Oligochaeta	1074
Protonemura	957
Elmis	730
Ostracoda	610
Limnius	605
Atherix	449
Empididae	331
Hydracarina	296
Planaria	268
Otros	2409

Gráfico 6.1.2: Porcentajes de los géneros más abundantes en Cárpatos.

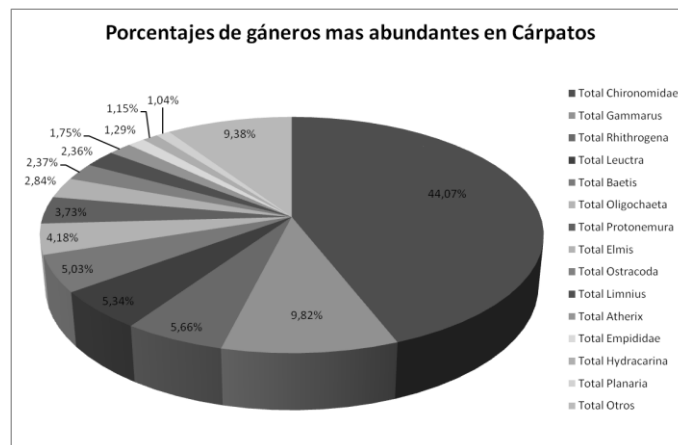


Tabla 6.1.3: Cantidades de los géneros más abundantes en la región Jämtland.

Género más abundantes en Jämtland	Cantidad
Simuliidae	3256
Chironomidae	3067
Ostracoda	1624
Baetis	1390
Oligochaeta	612
Elmis	589
Leuctra	521
Wormaldia	217
Hydraena	204
Otros	1044

Gráfico 6.1.3: Porcentajes de los géneros más abundantes en Jämtland.

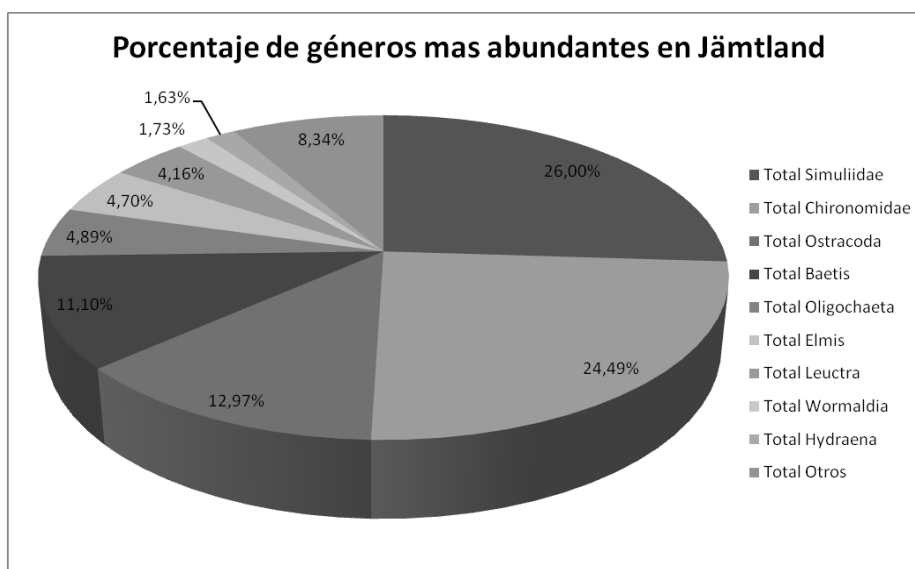


Tabla 6.1.4: Cantidades de los géneros más abundantes en la región Jura.

Géneros más abundantes en Jura	Cantidad
Chironomidae	13284
Gammarus	6822
Baetis	3041
Leuctra	2323
Oligochaeta	1674
Protonemura	1541
Ephemerella	1442
Melampophylax	976
Hydracarina	725
Limnius	624
Esolus	609
Otros	5082

Gráfico 6.1.4: Porcentajes de los géneros más abundantes en Jura.

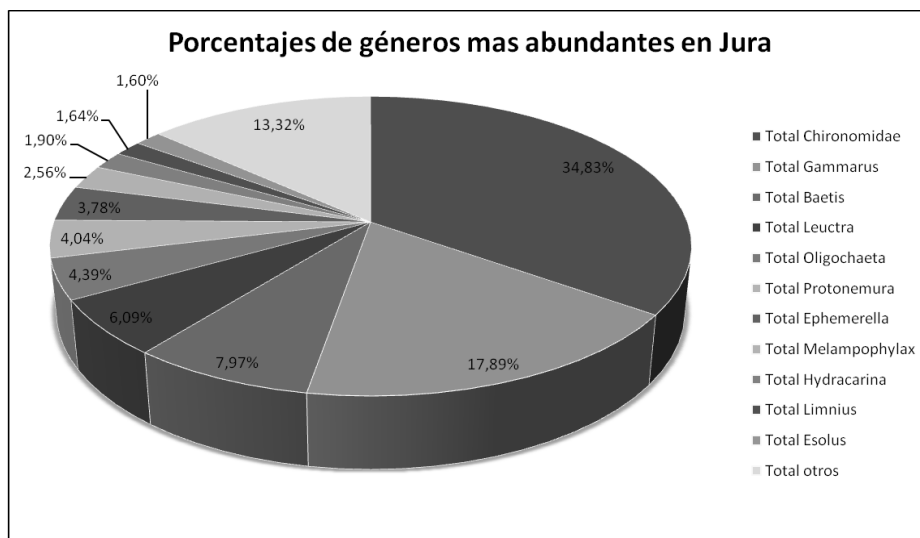


Tabla 6.1.5: Cantidades de los géneros más abundantes en la región Picos.

Géneros más abundantes en Picos	Cantidad
Baetis	3502
Echinogammarus	3084
Chironomidae	2118
Elmis	942
Oligochaeta	751
Esolus	633
Leuctra	613
Rhithrogena	604
Ephemerella	533
Simuliidae	415
Protonemura	399
Limnius	362
Otros	2536

Gráfico 6.1.5: Porcentajes de los géneros más abundantes en Picos.

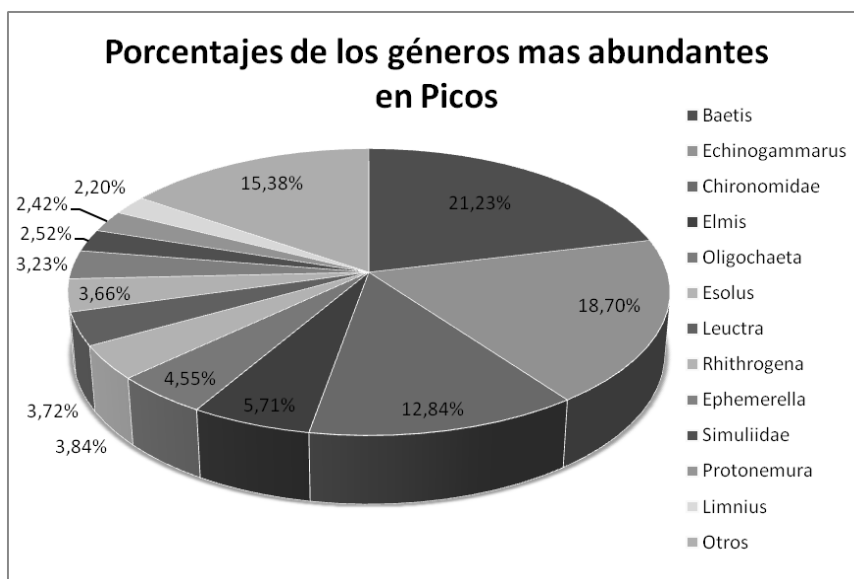
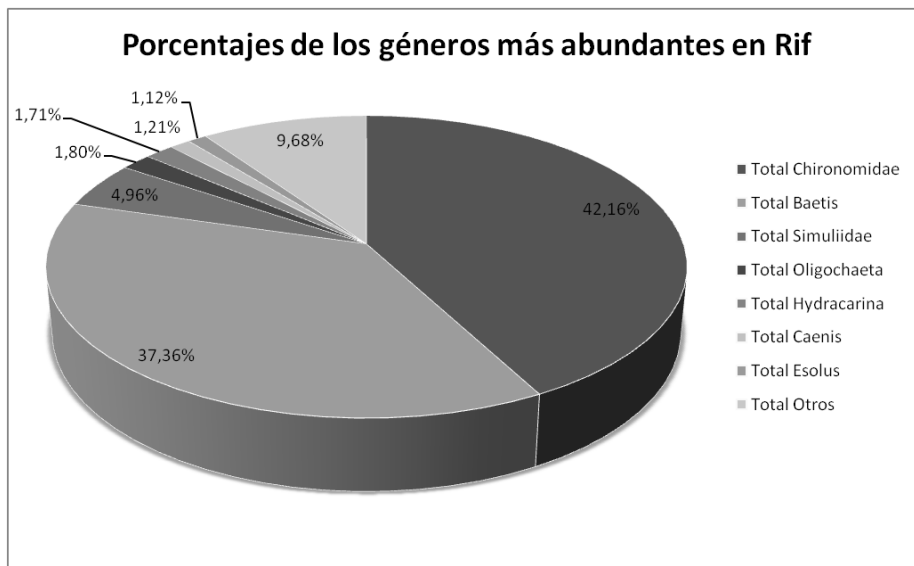


Tabla 6.1.6: Cantidades de los géneros más abundantes en la región Rif.

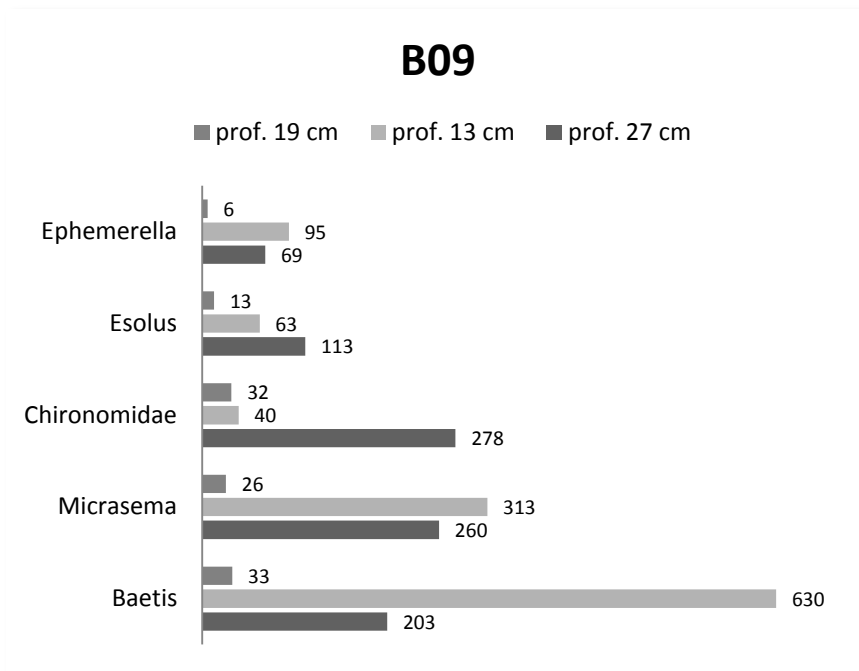
Géneros más abundantes en Rif	Cantidad
Chironomidae	6895
Baetis	6109
Simuliidae	811
Oligochaeta	294
Hydracarina	280
Caenis	198
Esolus	183
Otros	1583

Gráfico 6.1.6: Porcentajes de los géneros más abundantes en Rif.



Los siguientes gráficos de barras que exponen las cantidades de los invertebrados más abundantes en las tres diferentes muestras tomadas en cada punto, descritos anteriormente en la memoria, se adjuntan en el anexo.

Se pone como ejemplo para la visualización del formato el gráfico del tramo 9 de la región Bético.



De esta manera, con un simple vistazo de este gráfico, para el Punto B09 ya se observa y sin hacer ningún tipo de cálculo que, por ejemplo, para todos los géneros mayoritarios existe una mayor abundancia a 13 centímetros de profundidad que a 19 cm.

Al ordenar de dicha manera los datos, se obtiene un acceso más rápido y claro y con una primera observación más estratificada. Pudiendo acceder a la información en el estrato que se desee, ya sea más local o más regional y en formato de tabla o gráfico.

6.2. PRESENCIA, AUSENCIA Y PREVALENCIA POR GÉNEROS

PRESENCIA DE LOS GÉNEROS

Para iniciar con el procedimiento, como se ha dicho se ordenaron en forma decreciente los datos del estudio en función de la Presencia.

La siguiente tabla expone solamente aquellos géneros cuya Presencia es igual o superior a 20 ocasiones en total muestras del estudio, excepto en el caso del género “Oulimnius” que aparece en 19 ocasiones.

Para entender mejor la relevancia de estas Presencias cabe señalar la cantidad de muestras totales tomadas en cada Área de estudio y la cantidad total.

Son las siguientes:

Área	Bético	Cárpatos	Jämtland	Jura	Picos	Rif	Total
Muestras	33	33	33	33	30	21	183

Los 45 géneros de la siguiente tabla son aquellos que mayor Presencia manifiestan a lo largo de las 6 Áreas de estudio. Están presentados en orden decreciente, así como desgrenados en los subtotales correspondientes de cada una de las Áreas.

Género	Bético	Cárpatos	Jämtland	Jura	Picos	Riff	Total
Chironomidae	33	33	33	32	30	21	182
Baetis	30	31	33	31	30	21	176
Oligochaeta	29	31	31	28	20	16	155
Leuctra	30	33	31	26	19	6	145
Hydracarina	20	28	29	27	21	12	137
Elmis	11	24	26	24	28	13	126
Rhyacophila	7	28	27	23	22	10	117
Simuliidae	20	21	26	13	22	17	106
Empididae	19	26	11	16	16	16	104
Limoniidae	12	23	20	16	10	11	92
Ceratopogonidae	21	20	22	7	8	12	90
Hydraena	6	24	25	12	18	4	89
Esolus	13	16	0	22	26	12	89
Protonemura	13	27	0	23	18	7	88
Limnius	7	26	9	18	20	1	81
Rhithrogena	3	29	0	19	25	0	76
Ostracoda	16	10	30	11	8	0	75
Sericostoma	17	10	13	8	16	7	71
Isoperla	1	18	16	10	17	8	70
Ephemerella	7	5	5	8	24	12	61
Atherix	12	16	0	13	11	4	56
Hydropsyche	13	6	4	5	13	12	53
Gammarus	0	27	1	23	0	0	51
Ecdyonurus	8	9	0	13	21	0	51
Psychodidae	5	12	9	8	9	6	49
Tinodes	14	1	0	13	9	6	43
Riolus	15	9	0	13	4	1	42
Polycelis	10	0	0	7	25	0	42
Planaria	0	21	9	9	1	0	40
Polycentropus	14	3	13	2	5	1	38
Hydroptila	18	0	4	4	6	5	37
Habrophlebia	16	0	0	6	1	13	36
Ancylus	8	1	0	4	19	3	35
Stratiomyidae	7	5	0	2	8	12	34
Caenis	15	0	0	0	7	11	33
Silo	0	10	8	3	8	0	29
Ephemera	10	0	8	6	4	0	28
Synagapetus	3	8	1	4	11	1	28
Allogamus	7	9	0	6	0	5	27
Amphinemura	0	4	15	6	2	0	27
Scirtes	15	0	0	4	6	1	26
Perla	4	7	0	1	7	5	24
Glossosoma	0	17	0	5	1	0	23
Bythinella	6	11	0	0	1	3	21
Oulimnius	6	0	5	0	2	6	19

A modo de ejemplo, se tiene que en el Área de Bético fueron recogidas 33 muestras, y el género “Leuctra” apareció en 30 de ellas. En Cárpatos tubo Presencia en todas las muestras, puesto que aparece en las 33. Y en el Rif, por el contrario, solo se encontró representantes de “Leuctra” en 6 muestras de un total de 21.

En la matriz central de la tabla se han resaltado de color verde aquellas Presencias iguales o superiores a 20 en cada Área. Aunque dicha representación es poco significativa, dado que en el Área Rif la máxima presencia que se puede hallar es de 21 ocasiones (ya que fueron 21 las muestras recogidas), con lo que tener una presencia mayor de 20 es más difícil de alcanzar que en las otras Áreas.

Siguiendo con las descripciones de la tabla, las celdas de color naranja muestran una Presencia entre 12 y 19 ocasiones, ambas incluidas.

Y aquellas celdas resaltadas en rojo pertenecen a los géneros que no obtienen ningún representante en las respectivas regiones.

La Ausencia total de un género en todas las muestras realizadas en un Área, puede ser muy significativa y tener alta importancia e información a la hora de realizar el posterior estudio estadístico.

Esta representación visual por colores da una rápida idea de la significativa “Presencia” o “Ausencia” de algunos géneros en las diferentes Áreas. Aunque, sin embargo, la tabla no muestra una fiel representación de dicha “Presencia” puesto que, como se ha explicado antes, la cantidad total de muestras tomadas en cada una de ellas no es la misma.

Que un género tenga una “Presencia” de 20, no representará el mismo porcentaje e importancia para el Área “Rif” en la que se tomaron un total de 21 muestras, que para el Área “Bético”, en la que se recogieron 33.

Por ello, se presenta la necesidad de crear una nueva tabla complementaria, que se explicará más adelante, mostrando las “Presencias” en porcentaje.

En la columna de “Total” se anotó la suma de total de las “Presencias” y se resalta con color azul las que ascienden por encima de 100 ocasiones a lo largo de todo el territorio Europeo.

Estos 45 géneros serán el objeto del futuro estudio estadístico.

AUSENCIA DE LOS GÉNEROS

En la siguiente tabla se muestran las “Ausencias” de los 45 géneros más abundantes.

Aquellos géneros que en determinadas Áreas presenten un cero de “Ausencia” quiere decir que en el 100% de las muestras recogidas en hay al menos un representante.

Género	Bético	Cárpatos	Jämtland	Jura	Picos	Riff
Chironomidae	0	0	0	1	0	0
Baetis	3	2	0	2	0	0
Oligochaeta	4	2	2	5	10	5
Leuctra	3	0	2	7	11	15
Hydracarina	13	5	4	6	9	9
Elmis	22	9	7	9	2	8
Rhyacophila	26	5	6	10	8	11
Simuliidae	13	12	7	20	8	4
Empididae	14	7	22	17	14	5
Limoniidae	21	10	13	17	20	10
Ceratopogonidae	12	13	11	26	22	9
Hydraena	27	9	8	21	12	17
Esolus	20	17	33	11	4	9
Protonemura	20	6	33	10	12	14
Limnius	26	7	24	15	10	20
Rhithrogena	30	4	33	14	5	21
Ostracoda	17	23	3	22	22	21
Sericostoma	16	23	20	25	14	14
Isoperla	32	15	17	23	13	13
Ephemerella	26	28	28	25	6	9
Atherix	21	17	33	20	19	17
Hydropsyche	20	27	29	28	17	9
Gammarus	33	6	32	10	30	21
Ecdyonurus	25	24	33	20	9	21
Psychodidae	28	21	24	25	21	15
Tinodes	19	32	33	20	21	15
Riolus	18	24	33	20	26	20
Polycelis	23	33	33	26	5	21
Planaria	33	12	24	24	29	21
Polycentropus	19	30	20	31	25	20
Hydroptila	15	33	29	29	24	16

Habrophlebia	17	33	33	27	29	8
Ancylus	25	32	33	29	11	18
Stratiomyidae	26	28	33	31	22	9
Caenis	18	33	33	33	23	10
Silo	33	23	25	30	22	21
Ephemera	23	33	25	27	26	21
Synagapetus	30	25	32	29	19	20
Allogamus	26	24	33	27	30	16
Amphinemura	33	29	18	27	28	21
Scirtes	18	33	33	29	24	20
Perla	29	26	33	32	23	16
Glossosoma	33	16	33	28	29	21
Bythinella	27	22	33	33	29	18
Oulimnius	27	33	28	33	28	15

PREVALENCIA DE LOS GÉNEROS

La siguiente tabla contiene los datos de prevalencia.

En esta tabla se ha resaltado en verde aquellas “Prevalencias” que se encuentran entre un 35% y un 65%, ambos incluidos. Y en azul se encuentran aquellas prevalencias que sean superiores al 65%.

En la columna “Promedio” se anotó la “Prevalencia” total de los géneros en todo el territorio y se resaltó en color fucsia aquellas mayores del 20% y menores del 80%, las cuales, pueden resultar más atractivas para el estudio estadístico, ya que, una “Prevalencia” como la del género “Chironomidae” del 99% en todo el territorio, el cual aparece prácticamente en todas las muestras, indica poca influencia de las variables hidrológicas y del micro-hábitat.

Género	Bético	Cárpatos	Jämtland	Jura	Picos	Riff	Promedio
Chironomidae	100%	100%	100%	97%	100%	100%	99%
Baetis	91%	94%	100%	94%	100%	100%	96%
Oligochaeta	88%	94%	94%	85%	67%	76%	84%
Leuctra	91%	100%	94%	79%	63%	29%	76%
Hydracarina	61%	85%	88%	82%	70%	57%	74%
Elmis	33%	73%	79%	73%	93%	62%	69%
Rhyacophila	21%	85%	82%	70%	73%	48%	63%
Simuliidae	61%	64%	79%	39%	73%	81%	66%
Empididae	58%	79%	33%	48%	53%	76%	58%
Limoniidae	36%	70%	61%	48%	33%	52%	50%
Ceratopogonidae	64%	61%	67%	21%	27%	57%	49%
Hydraena	18%	73%	76%	36%	60%	19%	47%
Esolus	39%	48%	0%	67%	87%	57%	50%
Protonemura	39%	82%	0%	70%	60%	33%	47%
Limnius	21%	79%	27%	55%	67%	5%	42%
Rhithrogena	9%	88%	0%	58%	83%	0%	40%
Ostracoda	48%	30%	91%	33%	27%	0%	38%
Sericostoma	52%	30%	39%	24%	53%	33%	39%
Isoperla	3%	55%	48%	30%	57%	38%	39%
Ephemerella	21%	15%	15%	24%	80%	57%	35%
Atherix	36%	48%	0%	39%	37%	19%	30%
Hydropsyche	39%	18%	12%	15%	43%	57%	31%
Gammarus	0%	82%	3%	70%	0%	0%	26%
Ecdyonurus	24%	27%	0%	39%	70%	0%	27%
Psychodidae	15%	36%	27%	24%	30%	29%	27%
Tinodes	42%	3%	0%	39%	30%	29%	24%
Riolus	45%	27%	0%	39%	13%	5%	22%
Polycelis	30%	0%	0%	21%	83%	0%	22%
Planaria	0%	64%	27%	27%	3%	0%	20%
Polycentropus	42%	9%	39%	6%	17%	5%	20%
Hydroptila	55%	0%	12%	12%	20%	24%	20%
Habrophlebia	48%	0%	0%	18%	3%	62%	22%
Ancylus	24%	3%	0%	12%	63%	14%	20%
Stratiomyidae	21%	15%	0%	6%	27%	57%	21%
Caenis	45%	0%	0%	0%	23%	52%	20%
Silo	0%	30%	24%	9%	27%	0%	15%
Ephemera	30%	0%	24%	18%	13%	0%	14%
Synagapetus	9%	24%	3%	12%	37%	5%	15%
Allogamus	21%	27%	0%	18%	0%	24%	15%
Amphinemura	0%	12%	45%	18%	7%	0%	14%
Scirtes	45%	0%	0%	12%	20%	5%	14%
Perla	12%	21%	0%	3%	23%	24%	14%
Glossosoma	0%	52%	0%	15%	3%	0%	12%
Bythinella	18%	33%	0%	0%	3%	14%	12%
Oulimnius	18%	0%	15%	0%	7%	29%	11%

6.3. TEST DE USO NO ALEATORIO

6.3.1. PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Los resultados del test de Kolmogorov-Smirnov para cada uno de los géneros respecto con todas las variables se adjunta en la siguiente tabla. Solo se anotan aquellas ocasiones en las que apareció un uso no aleatorio.

Géneros	Depth	Velocity	Algal cover	Moss cover	Macro Phyte	%Bed Rock	% Sand	Gran. 1-4	Gran. 5-8	Gran. 9-12
Ceratopogonidae	0,042	0,001								
Rhithrogena	0,031	0							0	
Elmis	0,026	0,002							0,02	
Ephemerella		0,037	0,02							
Tinodes		0,036	0,01							
Ostracoda		0,033								
Planaria		0,032						0,037		
Allogamus		0,026								
Hydraena		0,021								
Protonemura		0,016	0,032	0						
Glossosoma		0,014								
Baetis		0,006								
Leuctra		0,004						0,004		
Sericostoma		0,004								
Rhyacophila		0,001							0,033	
Simuliidae		0,001								
Ephemera		0								
Habrophlebia		0								
Isoperla			0,008							
Limnius			0,007							
Psychodidae				0,02						
Gammarus				0,004						
Ancylus								0,033		0,007
Limoniidae								0,019		
Polycelis								0,002		0,001
Oligochaeta								0,002		
Riolus									0,039	
Hydroptila									0,001	0,034

6.3.2. PRUEBA U DE MANN-WHITNEY

Los resultados para la prueba de Mann-Whitney están en la siguiente tabla.

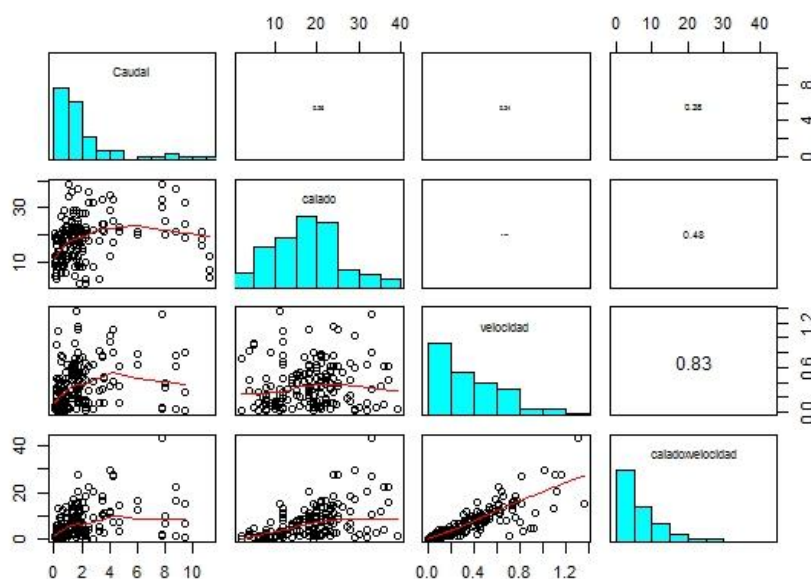
Géneros	Depth	Velocity	Algal cover	Moss cover	Macro phyte	%Bed Rock	% Sand	Gran. 1-4	Gran. 5-8	Gran. 9-12
Ceratopogonidae	0,006	0,001						0,024		0,039
Rhithrogena	0,002	0			0,006	0,007			0	
Elmis		0		0,032					0,04	0,017
Ephemera		0,04	0,037							
Tinodes		0,016	0,02	0,034						
Ostracoda		0,02								
Planaria				0,013						
Allogamus		0,008								
Hydraena		0,032								
Protonemura		0,002	0,04	0						
Glossosoma		0,004								
Baetis		0,001								
Leuctra		0,003				0,033		0,006		
Sericostoma		0,005								
Rhyacophila		0		0,007						0,019
Simuliidae		0								
Ephemera		0		0,008						
Habrophlebia		0		0,006						
Isoperla			0,004							
Limnius			0,004						0,022	0,038
Psychodidae				0		0,044				
Gammarus				0						
Ancylus	0,043							0,013	0,024	0,001
Limoniidae								0,003		0,027
Polycelis		0,038						0	0,034	0
Oligochaeta		0,009				0,026		0,001		0,033
Riolus									0,04	
Hydroptila	0,027					0			0,001	0,012
Ecdyonurus	0,046				0,022				0,023	0,018
Synagapetus	0,027				0,003					
Esolus	0,026					0,035				
Scirtes		0,015								
Hydropsyche			0,043							
Hydracarina				0,046						
Atherix				0,036						
Caenis				0,016				0,043		0,034
Stratiomyidae						0,014			0,034	
Bythinella										0,023

6.4. MODELOS ADITIVOS GENERALIZADOS

En el procedimiento de los análisis gam en primer lugar se observaron los datos para conocerlos mejor. Una vez introducidos en el programa, mediante una función sencilla, se obtiene gráficos de distribución de todas las variables. Esto se hace para observarlos y ver si se encuentran en ellos algún dato con valor muy diferente con respecto a la media de la variable. Estos datos se denominan Outlets, y en los casos en los que se detectaron algunos, los cuales han sido debidos principalmente a errores, se eliminan de la variable para no tenerlos en cuenta en el análisis.

En la posterior exanimación de la relación de linealidad entre pares de variables mediante el test de correlación se observó aquellas que presentaban una alta correlación entre sí i se procedió a la eliminación de una de ellas.

En la siguiente matriz se observa la dispersión por pares de algunas de las variables, más los histogramas correspondientes y la correlación entre ellas. Como se observa las variables “velocidad” y “caladoxvelocidad” tienen una muy elevada linealidad, 0.83. Como dos variables tan correlacionadas no pueden ir juntas en un mismo modelo, se decide, entonces, quitar la variable “caladoxvelocidad” para el análisis.



Se decide también eliminar del análisis las variables “Tramo” y “Región”, puesto que al observarlas en la gráfica de parejas de variables, se advierte que los datos tienen la misma proporción, es decir que tiene la misma probabilidad de que salga un valor que otro y esto no es bueno para ningún modelo, dado que estos están basados en la probabilidad.

A partir de aquí ya se inicia el procedimiento descrito en la metodología. Los resultados para los modelos binomiales no se incluyen en el proyecto por que resultaron poco aclaratorios.

Los resultados de los modelos y sus características se añaden en la tabla siguiente

Modelo	Variables predictivas	R^2	Edf	p-value	Deviance explained
Elmis	s(Temperature)	0.22	5.314	0.00883	26.8%
	+s(Caudal)		1.711	0.03439	
	+s(velocidad)		2.137	0.04477	
	+s(algas)		1.000	0.00176	
Rhithrogena	+(Temperatura)	0.338	1.550	1.68e-08	38.1%
	+s(Caudal)		5.533	0.008146	
	+ s(velocidad)		1.376	0.014604	
	+s(Gra1.4)		2.518	0.000289	
Leuctra	s(Temperature)	0.243	6.063	0.00242	31.3%
	+s(calado)		4.569	0.04037	
	+s(Gra1.4)		5.811	0.00063	
Simuliidae	s(Temperatura)	0.151	2.24	0.0269	17.2%
	+ s(Caudal)		1.00	0.0447	
	+ s(velocidad)		1.00	8.65e-06	
Rhyacophila	s(Elevación)	0.28	7.099	8.5e-05	34.5%
	+s(calado)		4.718	0.05758	
	+s(velocidad)		1.940	0.00397	
	+s(Algas)		1.000	0.00760	
Ceratopogonidae	s(calado)	0.154	1.000	0.0135	21.4%
	+s(Algas)		6.739	0.0558	
	+s(Gra1.4)		1.000	0.0201	
	+s(Gra9.12)		3.456	0.0428	
Hydraena	s(Elevacion)	0.22	1.000	0.00209	26.9%
	+(Temperatura)		3.157	0.00110	
	+s(Caudal)		1.444	0.00145	
	+s(Velocidad)		3.223	0.03078	
Protonemura	+s(Gra9.12)	2.008	0.01094	44.9%	
	S(Elevacion)	8.007	0.00312		
	+s(Temperatura)	1.000	0.04655		
	+s(Caudal)	7.701	0.03839		
Ostracoda	+s(velocidad)	1.000	0.00563	11.1%	
	+(Moss)	1.000	0.02533		
	s(Elevacion)	4.338	0.0439		
	+s(Velocidad)	1.000	0.0183		
Sericostoma	(Elevación)	0.362	8.187	0.00429	46.6%
	s(velocidad)		1.173	0.03109	
	s(Algas)		3.505	0.00011	
	s(Moss)		7.561	0.00120	
	s(Gra5.8)		2.806	0.01272	
	s(Gra9.12)	3.753	5.04e-05		

Ephemerella	s(Elevacion)		8.147	2.17e-05	55.2%
	+(Termpertura)		6.246	0.00143	
	+s(Caudal)	0.474	3.172	1.81e-05	
	s(Algas)		3.091	0.00652	
	+(Moss)		5.154	0.00267	
Tinodes	+(Termpertura)		2.863	0.024718	21.4%
	+s(velocidad)	0.181	1.000	0.019858	
	+s(Algas)		1.000	0.000233	
	+s(Gra1.4)		1.635	0.057999	
Polycelis	+(Termpertura)		8.801	5.06e-07	54.5%
	+(Moss)		8.147	2.66e-06	
	+(Gra5.8)	0.452	7.491	0.000158	
	+s(Gra9.12)		5.926	1.30e-05	

Para cada género analizado el modelo nos aporta un conjunto de variables predictivas. Además de indicar que proporción de la varianza explica el modelo (Deviance explained). También se tienen datos de los grados de libertad, el nivel de significancia (p-value) y el Coeficiente de determinación del modelo (R^2).

En general las variables hidráulicas y del microhábitat que se han observado como más influyentes en los invertebrados estudiados son la elevación a la que se encuentren, la cual es una variable influyente en otros factores ambientales, por ejemplo la altitud está muy relacionada con la temperatura. Por ello esta variable también sale como una de las que más determina la presencia del género. Esto es lógico, puesto que generalmente a mayor temperatura mayor actividad biológica.

El caudal también influye bastante a estos seres vivos. Pero sin duda la variable más influyente en estos modelos es la velocidad de la corriente de agua. Esta variable es la que más afecta a su presencia o ausencia.

Algunos estudios demuestran que los macroinvertebrados muestran fuertes variaciones en la abundancia con el tamaño y la velocidad de sustrato y grandes diferencias en la preferencia de velocidad entre especies. (Jowett, 2003).

Los estudios de abundancia de invertebrados en relación con la profundidad, la velocidad media y sustrato muestran que las mismas especies pueden estar presentes en una amplia gama de profundidades y velocidades (por ejemplo, I.G. Jowett et al., 1991), presumiblemente debido a la microambiente complejo y la capacidad de la invertebrados para hacer frente a esas condiciones. (I. G. Jowett, 2003).

El régimen de flujo de un río o caudal también pueden influir en la distribución y abundancia de invertebrados. Las frecuentes inundaciones y el movimiento del lecho asociado pueden reducir la abundancia e influenciar en la composición de la comunidad (Jowett, 1997). Las pozas han demostrado ser las áreas de mayor perturbación, con un gran aumento en la velocidad y la erosión durante inundaciones

y deposición durante flujos normales (Keller, 1971; Andrews, 1984). Las corrientes, en particular los taludes aguas arriba o en el punto más alto de su perfil longitudinal, tienden a ser las áreas menos perturbadas por las inundaciones, y el aumento de abundancia de insectos en estos lugares pueden estar relacionados con esta estabilidad (Resh et al., 1988).

Aunque las complejas relaciones entre las preferencias de hábitat de invertebrados y el tándem profundidad-velocidad-sustrato fueron sugeridas por Statzner et al. (1988) y Davis y Barmuta (1989), algunos estudios de campo no han sido capaces de establecer que las complejas variables hidráulicas son mejores predictoras de la abundancia de invertebrados bentónicos que las funciones de idoneidad que consideran profundidad, la velocidad y el sustrato de forma independiente (Jowett et al, 1991; Quinn y Hickey, 1994; Gore, 1996). En cualquier río, la relación entre la profundidad del agua, la velocidad y el sustrato hace que sea prácticamente imposible tomar muestras en la misma medida para una amplia gama de profundidades, velocidades y tamaños de sustrato. Estas interrelaciones también hacen que sea difícil de verificar las complejas relaciones entre la abundancia de invertebrados y profundidad, la velocidad y el sustrato. (I. G. Jowett, 2003).

En cuanto al sustrato, los efectos adversos de los sedimentos en suspensión en los invertebrados bentónicos están bien documentados en los artículos (Lloyd et al, 1987; Newcombe y MacDonald, 1991; Ryan, 1991; Waters, 1995; Wood y Armitage, 1997). Estas revisiones han concluido que las altas cargas de sedimentos puede reducir la abundancia y diversidad de invertebrados por: (1) asfixia y abrasión ellos, (2) la reducción de suministro de alimentos de calidad o perifiton, y (3) la reducción del hábitat disponible intersticial. La reducción en la calidad del hábitat asociada con la sedimentación se considera generalmente que es el mecanismo primario para restringir la abundancia de invertebrados (Walton et al, 1977; Rosenberg y Wiens, 1978).

A continuación se discuten los géneros por separado. Adjuntando las curvas suavizadas estimadas para el modelo, que describen la variación del género con las variables predictivas seleccionadas en el modelo.

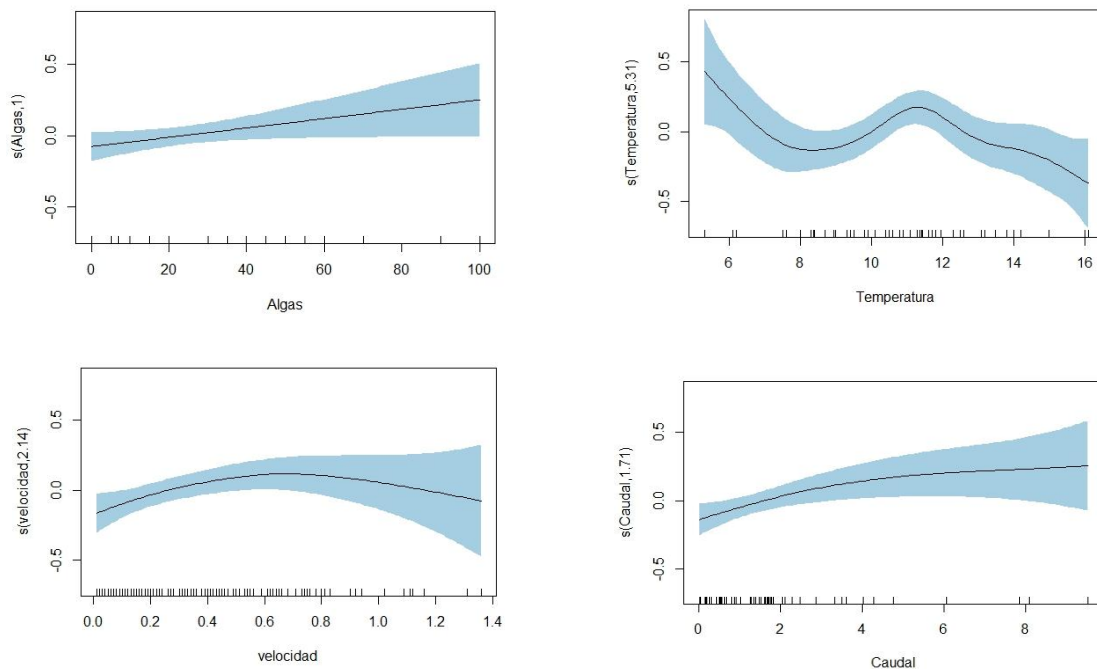
Género ELMIS:

Los élmidos son importantes constituyentes de la comunidad bentónica de ríos y arroyos de todo el mundo. Para este género el modelo describe cuatro variables predictivas. Temperatura, Caudal, Velocidad y Cobertura Algal. Todas ellas a excepción de la temperatura siguen una tendencia clara con pocos grados de libertad.

El porcentaje de algas y el caudal presentan una tendencia suavemente ascendente, aunque con una incertidumbre también ascendente.

La variable velocidad, asciende primero para luego descender teniendo un óptimo a 0.6 m/s. Aunque, partir de este punto el descenso y el aumento de incertidumbre que le siguen se puede atribuir a la falta de datos.

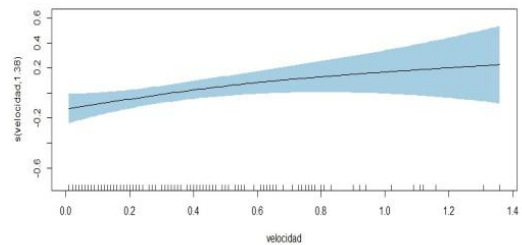
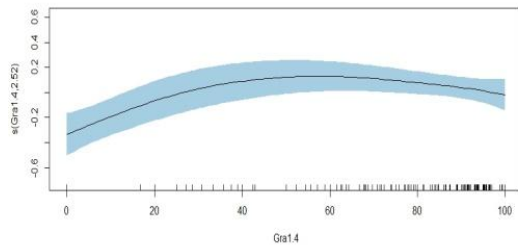
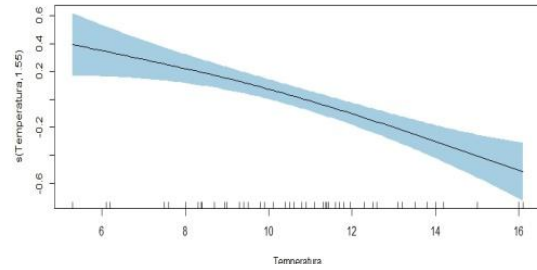
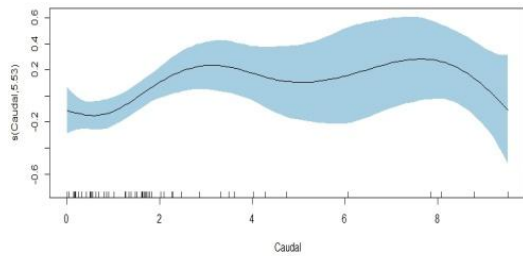
La temperatura del agua, no tiene una tendencia tan clara, a pesar de ello se puede observar una tendencia decreciente interrumpida entre los 10-12°C de temperatura que presenta un óptimo en la curva. Por ello la bajada inicial se puede interpretar como falta de datos en este rango.



En comparación con otros estudios se confirma que son típicos de ambientes loticos, de elevada velocidad de corriente y aguas bien oxigenadas (V. Manzo, 2007).

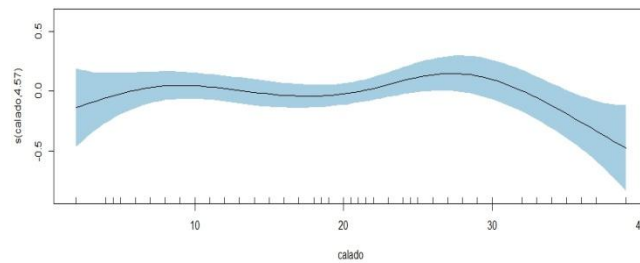
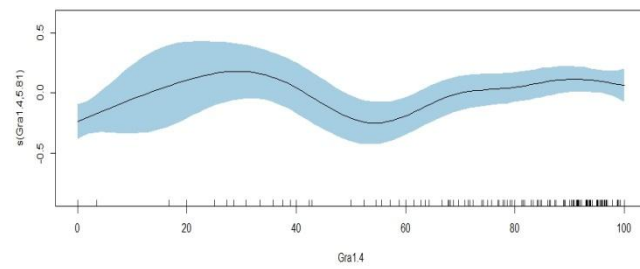
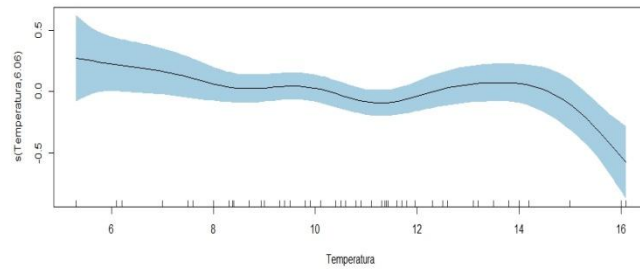
Género RHITHROGENA:

Tres de las variables significativas para el género tienen una tendencia aproximadamente lineal con bajos grados de libertad. Tanto la velocidad como la granulometría de las partículas más pequeñas tienen una tendencia positiva. Este género aumenta con la velocidad y granulometría. La variable temperatura tiene una tendencia lineal descendiente, se deducir que le gustan las aguas frías. En cuanto al caudal, no se puede averiguar una tendencia clara, dado la amplia incertidumbre y la tendencia poco clara de la curva. Sería necesario una mayor cantidad de datos o mejor distribuidos para averiguar su preferencia.



Género LEUCTRA:

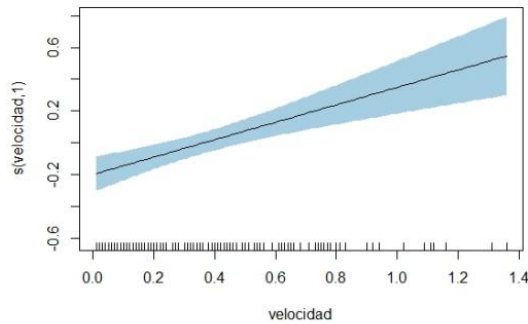
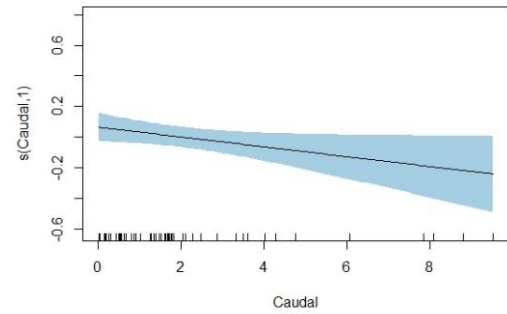
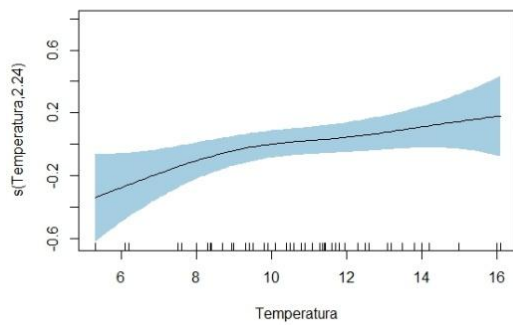
El plecóptero no muestra un modelo muy bien ajustado. Tiene más grados de libertad de los ideales y una amplia incertidumbre. Aunque se puede extrapolar una preferencia a las temperaturas bajas, dado su tendencia descendente en la variable temperatura. Su preferencia a las partículas pequeñas es de porcentajes de sustrato bajos. Y en cuanto al calado presentaría un ligero óptimo a unos 30 cm.



Género SIMULIIDAE:

Este díptero presenta una preferencia a tres de las variables hidráulicas más importantes. Dos de ellas con tendencia completamente lineal. El macroinvertebrado tiene una clara preferencia a las temperaturas de agua elevadas y a un caudal bajo. Además, aunque con una leve incertidumbre, prefiere una velocidad de la columna de agua rápida.

Esto puede asociarse a algún tipo de mesohabitat potencial como las corrientes o los rápidos.



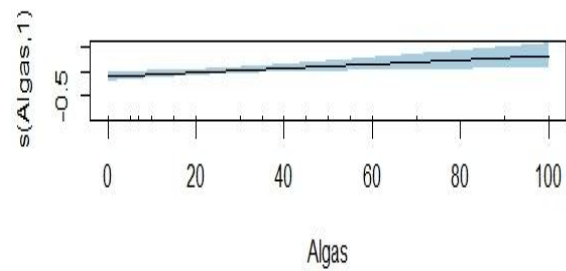
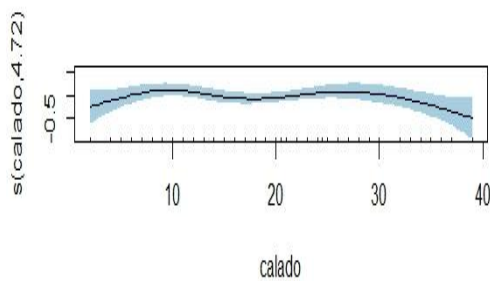
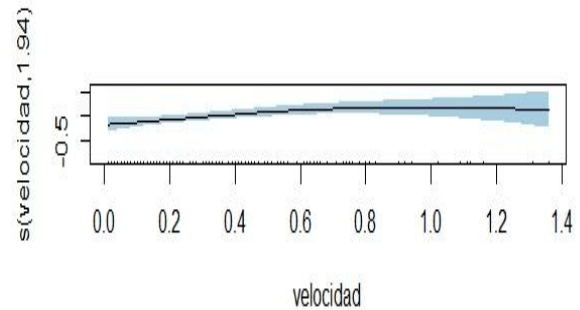
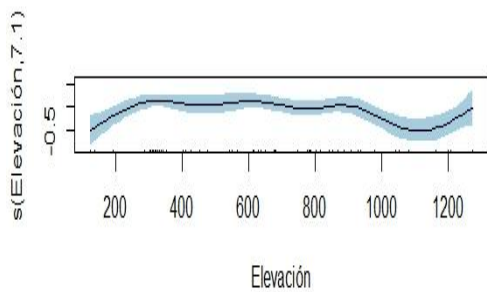
Género RHYACOPHILA:

Aunque para dos de las variables significativas el modelo se expresa con grados de libertad altos, para las otras dos sí que se puede atribuir una tendencia clara y positiva.

Se puede decir que presenta una clara preferencia por la mayor cantidad de algas en la cobertura de materia orgánica y que le gusta una velocidad de agua elevada.

El calado también es significativo aunque su tendencia podría ser lineal.

La curva de la elevación es suave dentro de la inestabilidad y se podría interpretar un óptimo entre 400 y 700 m de elevación.

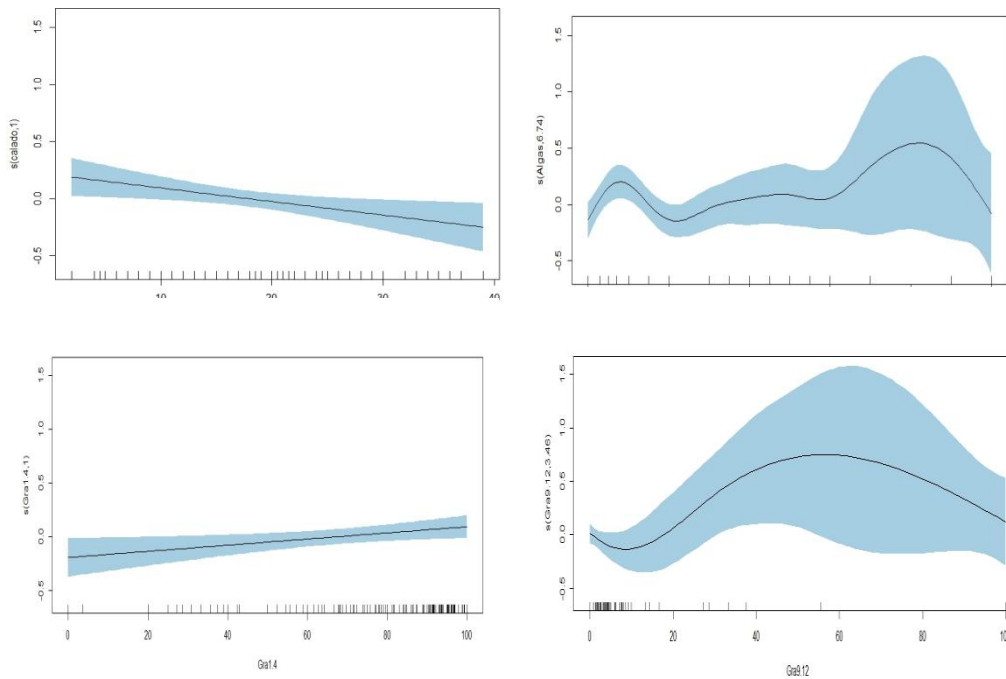


Género CERATOPOGONIDAE:

Este insecto tiene una relación completamente lineal con respecto a dos de las variables significativas del modelo, se puede decir que tiene una cierta preferencia a la poca profundidad una tendencia muy suave a preferir porcentajes altos de granulometría fina.

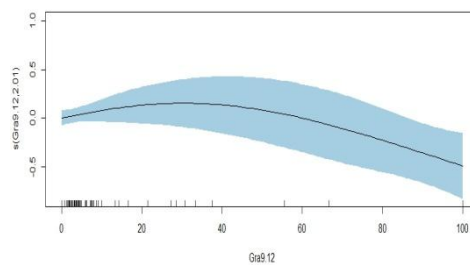
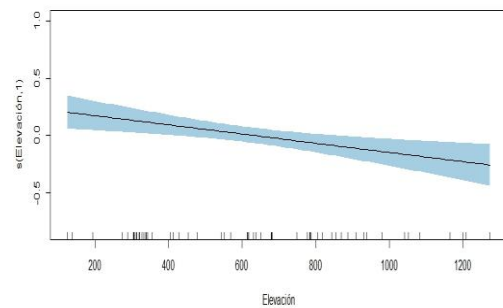
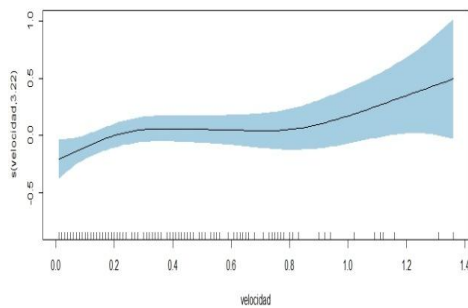
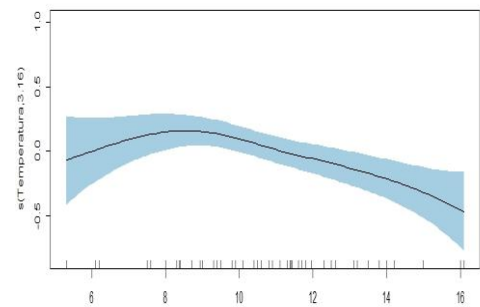
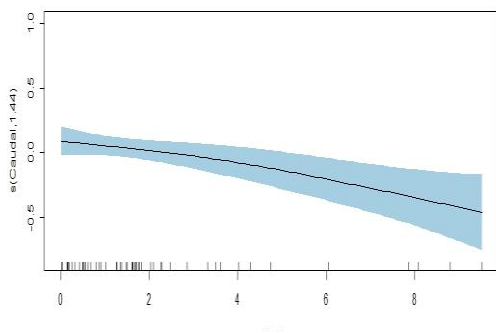
La variable de granulometrías gruesas tiene también un bajo grado de libertad y se puede apreciar en su curva un óptimo al 60% de cobertura.

Del porcentaje de algas con respecto a Cerapotogonidae se disponen de pocos datos, por ello sería necesario unos datos más amplios o mas distribuidos.



Género HYDRAENA:

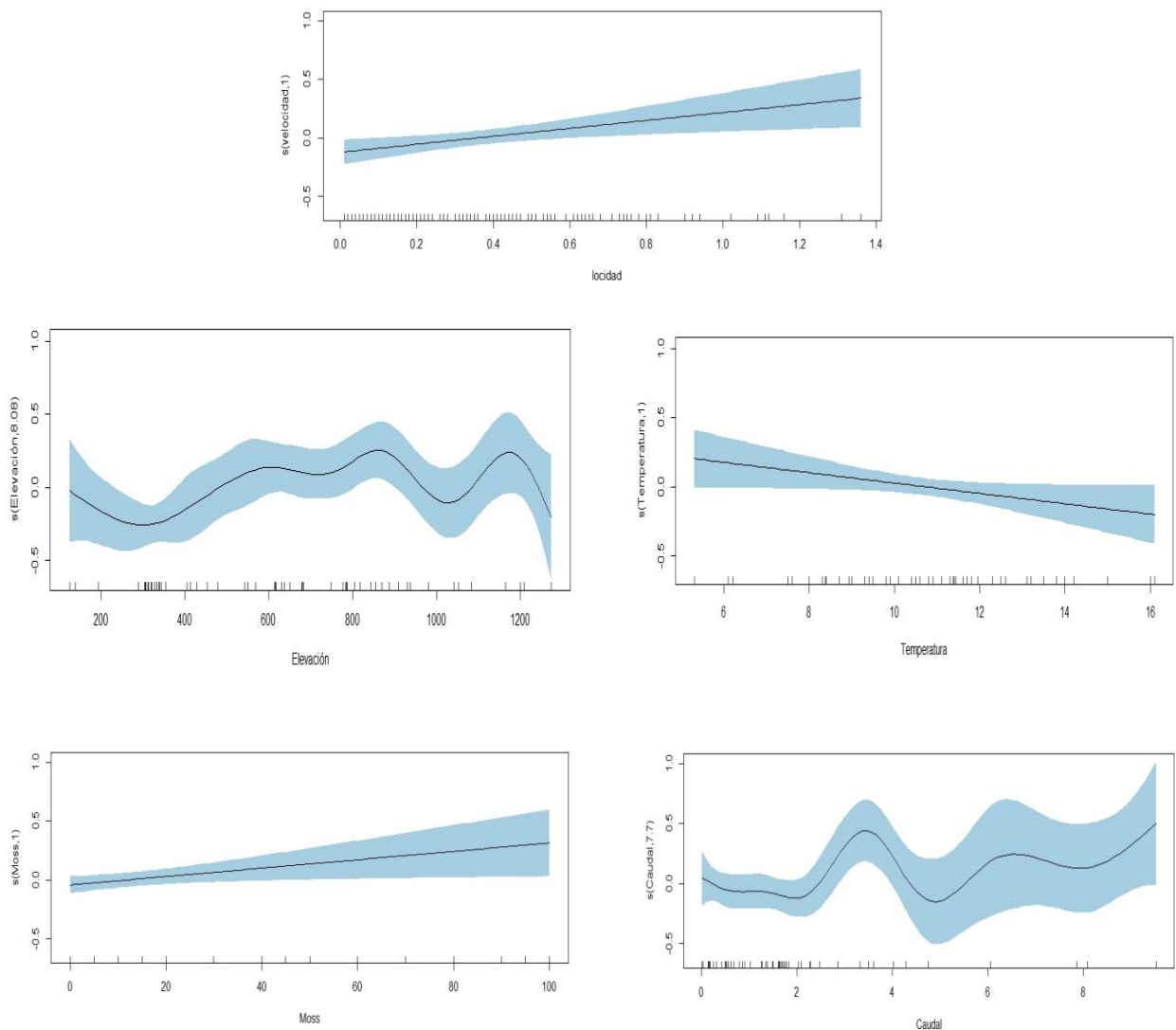
Este es uno de los géneros que mas variables significativas tiene y con un grado de libertad más bajo. El género Hydraena a lo largo de las altas montañas europeas presenta una mayor preferencia a las altitudes más bajas que a las muy elevadas. También se decanta más hacia las zonas de poca profundidad y de mayor velocidad de la corriente. Con lo que se le puede atribuir una preferencia por los rápidos o corrientes de los ríos en las zonas bajas de las montañas. En cuanto a la temperatura tiene su óptimo de preferencia con temperaturas bajas de aproximadamente 8 °C. En cuanto a la granulometría prefiere las partículas gruesas en una proporción baja.



Género PROTONEMURA:

El modelo de distribución creado para este género contiene cinco variables del microhábitat, de las cuales con tres de ellas sigue una relación de linealidad completa.

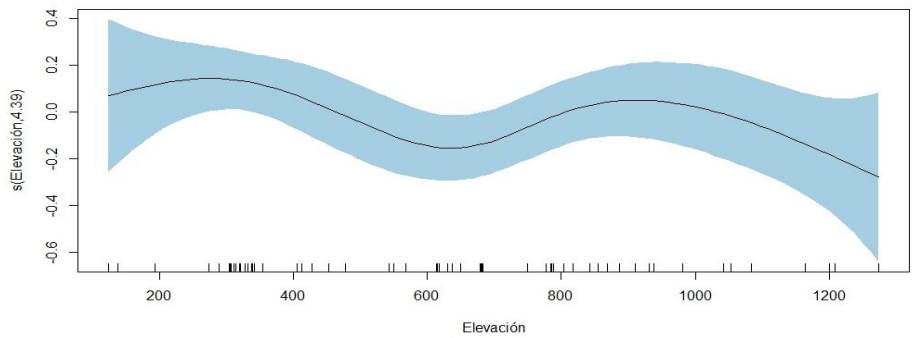
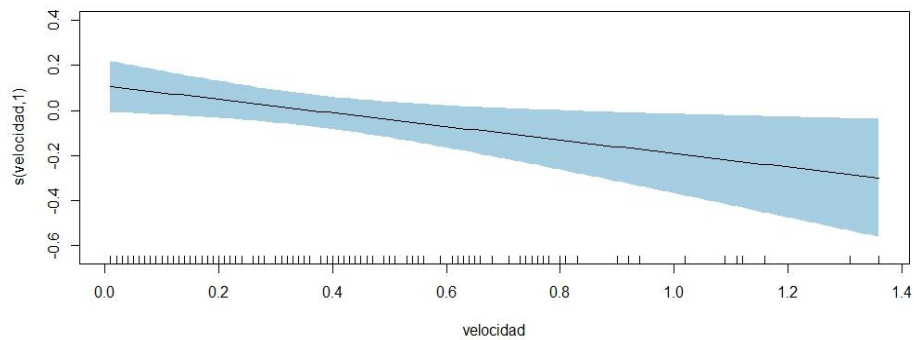
Prefiere una velocidad, una temperatura del agua en niveles bajos. El porcentaje de cobertura de musgos lo prefiere alto. La elevación no muestra un patrón claro, aunque podría adaptarse mejor a elevadas altitudes y en cuanto al caudal, las variantes en la curva podría deberse a falta de datos homogéneos. Si se interpretan las bajadas en la curva como falta de datos, como se observa, se podría atribuir un gusto preferente a un caudal entre 4-9 m/s.



Género OSTRACODA:

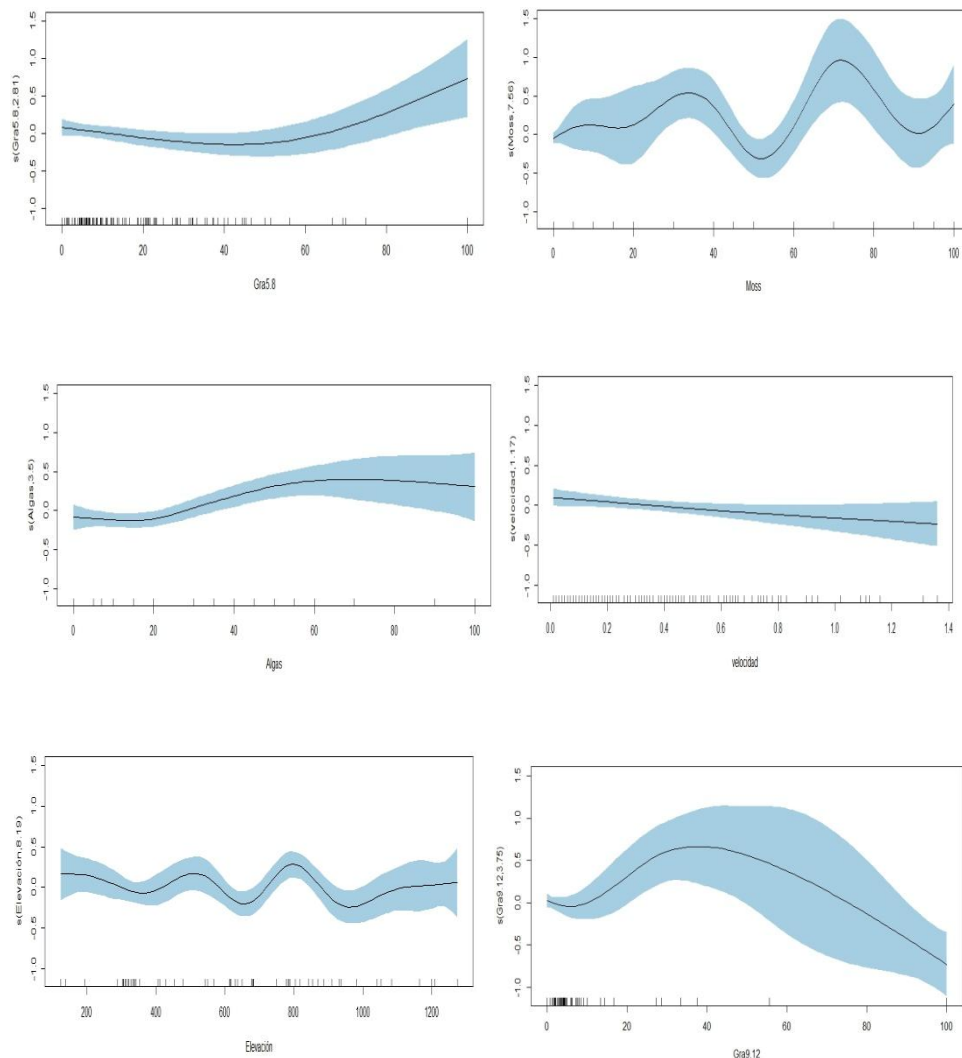
Estos invertebrados acuáticos tienen una clara preferencia a aparecer en velocidades muy bajas. La elevación les influye pero no parecen presentar ningún óptimo claro.

La influencia de la velocidad como comentan algunos autores, (el principal factor diferenciador), limita la composición taxonómica más que los factores de mayor envergadura, debido al efecto directo sobre el entorno en el que viven los organismos (Sandin & Johnson, 2004).



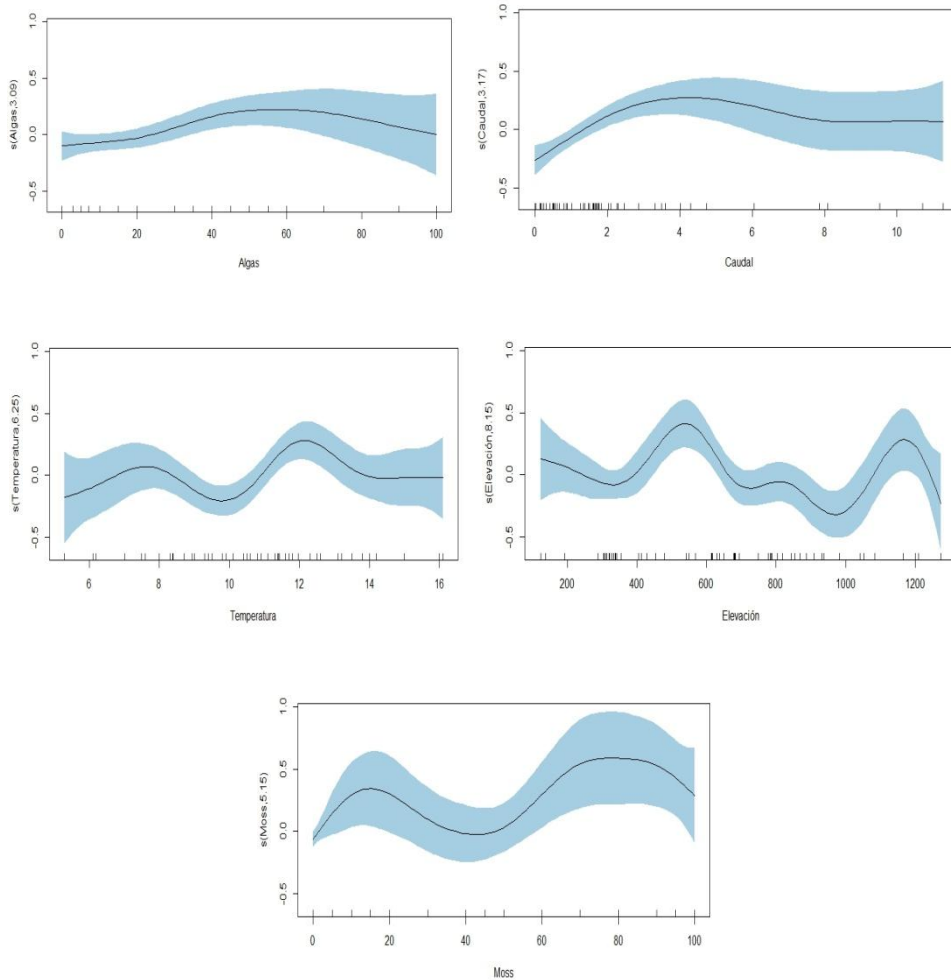
Género SERICOSTOMA:

El modelo para dicho género le atribuye seis variables significativas. De las que para cuatro de ellas muestra un grado de libertad bajo. Tiene una clara predisposición a grandes porcentajes de sustrato de granulometrías grandes y un elevado cubrimiento de las algas. Con la velocidad se comporta de manera lineal aunque parece que se decanta por bajas velocidades. Para las granulometrías más finas tiene una disposición mejor en porcentajes entre el 40-60%, aunque con una elevada incertidumbre. En cuanto los gustos por la elevación y los musgos, tiene demasiados picos de óptimos como para deducir ninguna tendencia.



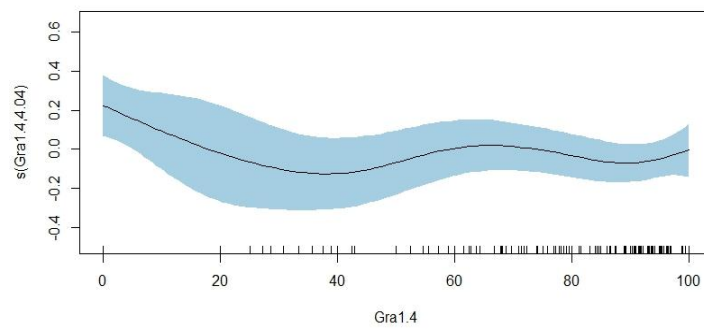
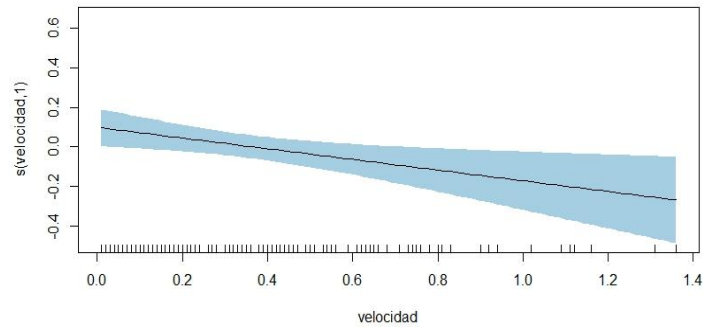
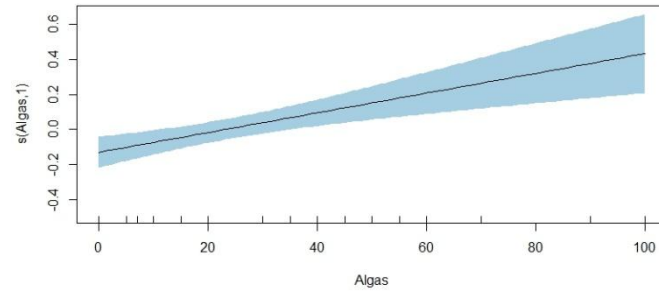
Género EPHEMERELLA:

Ephmerella tiene un patrón un poco flojo. Cabe destacar las variables para las que sí tiene un valor pequeño de grados de libertad. Presenta una propensión a las algas, en un porcentaje medio-elevado de cobertura y en cuanto a la descarga de agua parece tener una tendencia en alza, se le podría adjudicar una poca preferencia a caudales bajos, estabilizándose en caudales medios y grandes.



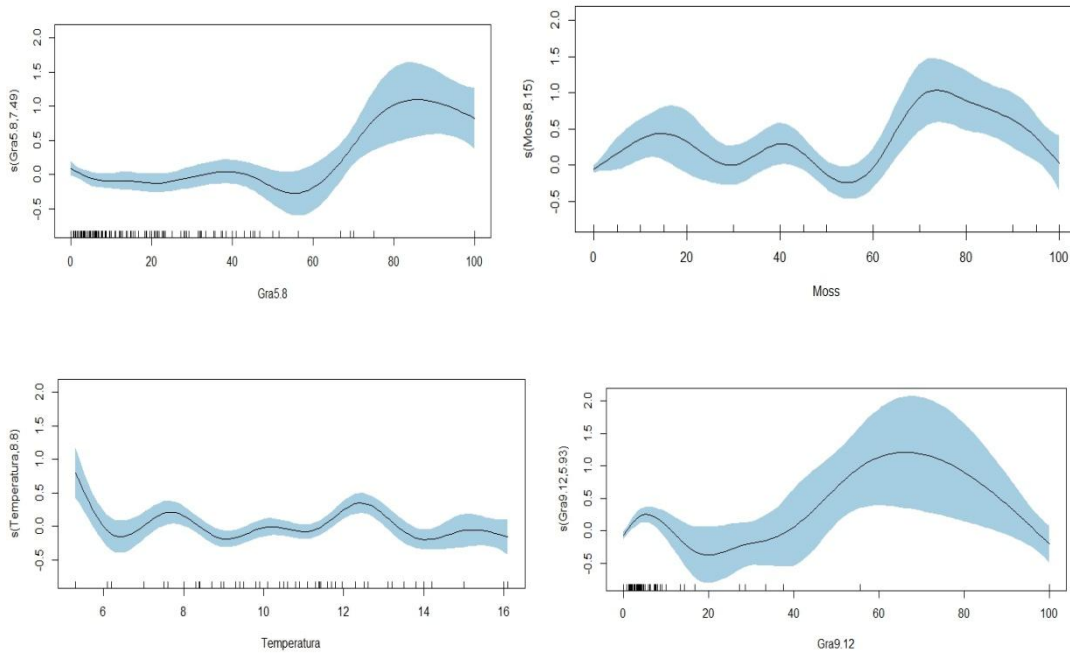
Género TINODES:

Este género tiene una clara predisposición a las algas. Cuanto más cubierta de algas aparece más individuos del insecto se encuentran. Le gusta las velocidades muy bajas y parece que tiene preferencia por las granulometrías finas de una manera estable.



Género POLYCELIS:

A este género parece que le pueda gustar las granulometrías medias y gruesas en unos porcentajes elevados. En cuanto a los musgos tiene una predisposición decreciente primero, pero luego podría tener su óptimo con grandes porcentajes de cobertura. Para la Temperatura no se le atribuye una preferencia muy marcada.



7. CONCLUSIONES

En primer lugar, la disposición de los datos mediante gráficos nos indicó aquellos géneros de invertebrados más abundantes y mejor repartidos en las áreas montañosas del continente Europeo y Marruecos. Estos son, los dípteros del género Chironomidae y Simuliidae, el género Ostracoda, los efemerópteros Baetidae y Caenis, el coleóptero del género Elmidae, así como el crustáceo Gammarus, entre otros.

La abundancia de estos géneros en algunos casos coincide con la amplia distribución de los mismos. Es decir que tiene también una elevada presencia a lo largo de la zona muestreada. Los más distribuidos son, los Chironomidos, Baetis, los Oligoquetos, el género Leuctra, Hydracarina, Elmis, Rhyacophila, Simuliidae, Empididae, etc.

En el posterior análisis estadístico se ha mostrado las predilecciones de los 13 géneros analizados en cuanto a las variables del microhábitat.

En general muchos de ellos muestran una clara predisposición a depender del grado de la temperatura del agua, ya sea en sentido decreciente o creciente, así como de la elevación del terreno, la cual está muy relacionada con la anterior.

La relación que tienen con el sustrato depende mucho de cada género. A los géneros Sericostoma, Tinodes y Rhithrogena les gusta estabilizarse en lugares donde hay una elevada granulometría del tipo fina, mientras que Ceratopogonidae prefiere partículas gruesas.

En cuanto a la materia orgánica, los géneros Ephemerella, Tinodes, Sericostoma y Elmis les agrada los ambientes con algas, en cambio a los géneros Ephemerella, Polycelis y Protonemura, prefieren los musgos.

La velocidad y la profundidad, es altamente influyente en las comunidades de los invertebrados. Algunos de ellos muestran una clara tendencia lineal con la velocidad, como se da el caso para Tinodes, Sericostoma,... Se observa que para todos los géneros que tienen en su modelo la variable velocidad, esta muestra una tendencia lineal, es decir, en todos los casos en que aparece esta variable los grados de libertad son menores de dos, y en muchos de estos modelos es uno. En cuanto a la profundidad el género Ceratopogonidae tiene una preferencia directa a los calados bajos.

8. FUTUROS ESTUDIOS

En futuras investigaciones cabría seguir por esta línea, puesto que arroja algunos resultados buenos pero susceptibles de mejorar. En primera instancia el paso lógico sería mejorar los modelos Gam, restringiendo los grados de libertad a un máximo de 4 o 5 según parezca. Y compararlos con los datos que nos dé el modelo binomial. Si se comparan estas dos clases de modelos se podrían averiguar modelos más fieles a la realidad.

En caso de que los resultados sean insuficientes, se pueden completar haciendo estos mismos análisis estadísticos con abundancias totales de géneros en vez de con datos de presencia y ausencia como se ha realizado en este trabajo. Así tener mayor opción de comparación modelos y acercarse a un modelo más fidedigno.

Será bueno también hacer una investigación más exhaustiva sobre otros estudios que comparen las variables del microhábitat con la abundancia. Para aportar mayor contraste a la hora de realizar evaluaciones de comportamiento de las comunidades.

Por otra parte, cualquier agregamiento a la matriz de trabajo de variables, tanto del microhábitat como de la calidad del agua o datos de patrones genéticos aportará una visión más amplia de los patrones de conducta de los invertebrados acuáticos a largas latitudes.

9. BIBLIOGRAFÍA

- I. G. JOWETT. 2003. Hydraulic constraints on habitat suitability for benthic invertebrates in gravel-bed rivers. *River Res. Applic.* 19: 495–507.
- L. CAYUELA. 2011. *Modelos lineales generalizados (GLM)*. Área de Biodiversidad y Conservación, Universidad Rey Juan Carlos, Departamental 1, (Madrid).
- J. C. CORREA Y N. GONZÁLEZ. 2002. *Gráficos Estadísticos con R*. Posgrado en Estadística Universidad Nacional-Sede Medellín.
- V. MANZO. 2007. Cinco citas nuevas de Elmidae (Coleoptera) para la Argentina, con la redescrición de *Austrolimnius* (*Telmatelmis*) *nyctelioides*. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 66 (1-2): 11-20.
- E. PARADIS. 2005. R para principiantes. *Institut des Sciences de l'Évolution Universit Montpellier II*.
- U. PINBORG. 2003. Europe's biodiversity. Biogeographical regions and seas. The Boreal biogeographical region. *EEA Project Manager Ulla Pinborg*.
- U. PINBORG. 2003. Europe's biodiversity. Biogeographical regions and seas. The Mediterranean biogeographical region. *EEA Project Manager Ulla Pinborg*.
- U. PINBORG. 2003. Europe's biodiversity. Biogeographical regions and seas. The Atlántic biogeographical region. *EEA Project Manager Ulla Pinborg*.
- S. RIVAS-MARTINEZ & J. PIZARRO. 1998. Datos sobre la vegetación y biogeografía de los picos de Europa. *Acta Botánica Malacitana*, 13: 201-208.
- J.A. FERNÁNDEZ. 1983. Aspectos geobotánicos de la cordillera Cantábrica. *Anales Jard. Bot. Madrid* 39(2): 489-513.
- M. FROCHOSO & J.C. CASTAÑÓN. 1997. El relieve glaciar de la cordillera cantábrica. *Las huellas glaciares de las montañas españolas*, Universidad de de Santiago de Compostela. (65-137).
- D. MUNÁRRIZ. Breve descripción geográfica de Marruecos.
- C. SANZ DE GALDEANO. Algunos problemas geológicos de la Cordillera Bética y del Rif (Y discusión de varios modelos geotectónicos propuestas). *Instituto Andaluz de Geología Mediterránea. (CSIC, Universidad de Granada). Facultad de Ciencias*.
- J. K. JACKSON AND L. FÜREDER. 2006. Long-term studies of freshwater macroinvertebrates: a review of the frequency, duration and ecological significance. *Freshwater Biology* 51, 591–603.

N. BONADA, M. RIERADEVALL, H. DALLAS, J. DAVIS, J. DAY, R. FIGUEROA, V. H. RESH AND N.PRAT. 2008. Multi-scale assessment of macroinvertebrate richness and composition in Mediterranean-climate rivers. *Freshwater Biology* (2008) 53, 772–788.

M. L. TIONE, J. C. BEDANO Y M.T. BLARASIN. 2011. Comunidades de invertebrados en aguas subterráneas y su relación con variables ambientales. *Ecología Austral* 21:87-100. *Asociación Argentina de Ecología*.

M.A.PUIG. 1999. *Els macroinvertebrats dels rius Catalans*. Generalitat de Catalunya. Departamente de medi ambient.

S.N. WOOD. *Generalized Additive Models: an introduction with R*.

F. Martínez, D. García de Jalón. Estudio de curvas de preferencia de microhábitat para modelos de simulación física del hábitat. *Dpto. Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. E.P.S. de Gandía (Universidad Politécnica de Valencia)*.

K. J. GASTON, J. H. 2000. BLACKBURN, *Pattern and process in macroecology*. (Blackwell Science, Oxford,), pp. 377.

J. HEINO, 2005. *Ecography*.

I. Ribera, G. N. Foster. (2003). A. P. Vogler, *Ecography* 26, 145

B. STATZNER, S. DOLÉDEC, B. HUGUENY. (2004). *Ecography* 27, 470

B. STATZNER, N. BONADA, S. DOLÉDEC, *Biological conservation* (submitted).

N. BONADA, S. DOLÉDEC, B. STATZNER, *Global Change Biology* (submitted).

R. E. RICKLEFS. (2004). *Ecology Letters* 7, 1 .

T. OBERDORFF, B. HUGUENY, J. F. GUÉGAN. 1997. *Freshwater Biology* 17, 533.

N. BONADA, C. ZAMORA-MUÑOZ, M. RIERADEVALL, N. PRAT. 2005. *Freshwater Biology* 50, 781.

J. S. REECE, T. A. CASTOE, C. L. PARKINSO. 2005. *Conservation genetics* 6, 235.

J. HUGHES ET AL., *Molecular Ecology* 13, 3197 (2004).

K. THINGSGAARD. (2001). *Heredity* 87, 485

L. FAHRIG. 2003. *Annual Review of Ecology and Systematics* 34, 487.

G. C. STEVENS. 1989. *American Naturalist* 133, 240.

A. GASITH, V. H. RESH. 1999. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 30, 51.

N. BONADA *et al.*. 2004 *Limnetica* 31(2002), 99.

I. PARDO *et al.* 2004. *Limnetica* 21(2002), 115.

A. MUNNÉ, N. PRAT, C. SOLÁ, N. BONADA, M. RIERADEVALL. 2003. *Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecosyst.* 13, 147.

Páginas Webs:

Cordillera Bética. Geología de España. *Geoiberia*.

http://www.geoiberia.com/geo_iberia/alpino/cordillera_betica.htm

Betic Mountains. Rif (Morocco). Jura Mountains. *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>.

Jämtland. Jura Mountains. Cárpathians. Enciclopedia Britannica Online Encyclopedia.

<http://www.britannica.com/>

European Environmental Agency. <http://www.eea.europa.eu/>

Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial. Centro de Investigaciones Fitosociológicas. <http://www.ucm.es/info/cif/index.html>.

Climate Shift. Climate Shift Maps & ArcGIS Shapefiles.

<http://www.climateshift.com/climate-change-maps/climate-maps-resources.htm>

MEDEPACAS. Mediterranean Prediction and Classification System.

<http://medpacs.ugr.es/index.php?q=es/intro>

Earth Science Data Interface. Global Land Cover Facility.

<http://glcfapp.glcg.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

Maps, ArcGIS Shapefiles & Geospatial Data for Digital Cartography. Mapcruzin.

<http://www.mapcruzin.com/download-free-arcgis-shapefiles.htm>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO.

http://www.fao.org/index_en.htm

Cartografía i Sig. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

<http://www.magrama.gob.es/es/cartografia-y-sig/>

10. ANEXOS

ANEJO 1: Tablas de de las abundancias de todos los macroinvertebrados encontrados en las seis regiones de estudio.

Tabla 1: Géneros y abundancias de macroinvertebrados de la Región Bético (España).

Géneros	cantidad	Géneros	cantidad
Total Chironomidae	6520	Total Athripsodes	36
Total Ostracoda	6091	Total Ancylus	33
Total Leuctra	3431	Total Polycentropus	31
Total Oligochaeta	3041	Total Epeorus	29
Total Baetis	2334	Total Limoniidae	28
Total Echinogammarus	1369	Total Drusus	27
Total Micrasema	639	Total Normandia	26
Total Ceratopogonidae	629	Total Catagapetus	24
Total Esolus	620	Total Potamopyrgus	22
Total Elmis	281	Total Lasiocephala	17
Total Habrophlebia	279	Total Adicella	16
Total Paraleptophlebia	254	Total Stratiomyidae	16
Total Ephemera	217	Total Psychodidae	15
Total Protonemura	214	Total Tabanidae	15
Total Gyraulus	208	Total Hydraena	14
Total Hydroptila	207	Total Dixia	12
Total Polycelis	198	Total Boyeria	10
Total Agapetus	194	Total Sialis	10
Total Caenis	185	Total Calopteryx	9
Total Ephemerella	178	Total Synagapetus	9
Total Hydracarina	173	Total Torleya	9
Total Riolus	150	Total Dugesia	7
Total Tinodes	126	Total Leptoceridae	5
Total Allogamus	124	Total Psychomyia	5
Total Simuliidae	119	Total Haementeria	2
Total Hydropsyche	114	Total Plectrocnemia	2
Total Sphaerium	103	Total Batracopbdella	1
Total Sericostoma	99	Total Coenagrion	1
Total Scirtes	97	Total Deronectes	1
Total Rhithrogena	91	Total Gyrimus	1
Total Dinocras	62	Total Hydrometra	1
Total Centroptilum	59	Total Isoperla	1
Total Empididae	59	Total Orectochilus	1
Total Limnius	57	Total Oxyethira	1
Total Onychogomphus	51	Total Pomatinus	1

Total Rhyacophila	50	Total Radix	1
Total Nemoura	48	Total Rhagionidae	1
Total Bythinella	46	Total Setodes	1
Total Perla	46	Total Silonella	1
Total Atherix	39	Total Stenophylax	1
Total Cordulegaster	39	Total Syrphidae	1
Total Ecdyonurus	39	Total Tipulidae	1
Total Oulimnius	38	Total Velia	1
Total General	29364		

Tabla 2: Géneros de macroinvertebrados y cantidades totales de abundancias en Cárpatos (Eslovaquia).

Géneros	Cantidades	Géneros	Cantidades
Total Chironomidae	11320	Total Habroleptoides	43
Total Gammarus	2522	Total Synagapetus	42
Total Rhithrogena	1453	Total Normandia	39
Total Leuctra	1372	Total Elodes	34
Total Baetis	1292	Total Perla	32
Total Oligochaeta	1074	Total Odontocerum	20
Total Protonemura	957	Total Drusus	18
Total Elmis	730	Total Torleya	13
Total Ostracoda	610	Total Silonella	12
Total Limnius	605	Total Wormaldia	9
Total Atherix	449	Total Gyraulus	8
Total Empididae	331	Total Dugesia	7
Total Hydracarina	296	Total Lithax	7
Total Planaria	268	Total Stratiomyidae	6
Total Simuliidae	208	Total Amphinemura	5
Total Melampophylax	172	Total Apatania	3
Total Ceratopogonidae	170	Total Epeorus	3
Total Rhyacophila	163	Total Pisidium	3
Total Esolus	159	Total Polycentropus	3
Total Isoperla	159	Total Siphonoperla	3
Total Silo	134	Total Ancylus	2
Total Ecdyonurus	113	Total Bathyomphalus	1
Total Ephemerella	97	Total Brachycentrus	1
Total Hydraena	95	Total Centropilum	1
Total Limoniidae	93	Total Dixia	1
Total Riolus	93	Total Ephydriidae	1
Total Sericostoma	85	Total Eubria	1
Total Bythinella	84	Total Gordiaceae	1
Total Hydropsyche	58	Total Muscidae	1

Total Glossosoma	57	Total Philopotamus	1
Total Liponeura	51	Total Sialis	1
Total Allogamus	50	Total Sphaerium	1
Total Psychodidae	44	Total Tinodes	1
Total General	25688		

Tabla 3: Géneros y abundancias de macroinvertebrados de la Región Jämtland (Suecia).

Géneros	Cantidad	Géneros	Cantidad
Total Simuliidae	3256	Total Ephemera	20
Total Chironomidae	3067	Total Empididae	17
Total Ostracoda	1624	Total Ephemerella	17
Total Baetis	1390	Total Silo	12
Total Oligochaeta	612	Total Oulimnius	11
Total Elmis	589	Total Hydropsyche	10
Total Leuctra	521	Total Brachyptera	9
Total Wormaldia	217	Total Hydroptila	8
Total Hydraena	204	Total Potamophylax	7
Total Hydracarina	110	Total Radix	7
Total Rhyacophila	108	Total Chaetopteryx	6
Total Ceratopogonidae	89	Total Lepidostoma	5
Total Pisidium	85	Total Elodes	4
Total Limnius	62	Total Gyraulius	4
Total Limoniidae	62	Total Apatania	3
Total Copepoda	59	Total Lymnaea	3
Total Heptagenia	52	Total Sialis	3
Total Polycentropus	46	Total Leptophlebiidae	2
Total Amphinemura	43	Total Synagapetus	2
Total Sericostoma	33	Total Athripsodes	1
Total Isoperla	31	Total Dixia	1
Total Philopotamus	30	Total Dugesia	1
Total Psychodidae	30	Total Gammarus	1
Total Planaria	25	Total Halesus	1
Total Dinocras	23	Total Siphonurus	1
Total General	12524		

Tabla 4: Géneros y abundancias de macroinvertebrados de la Región Jura (Francia).

Géneros	Cantidades	Géneros	Cantidades
Total Chironomidae	13284	Total Paraleptophlebia	40
Total Gammarus	6822	Total Ephemera	38
Total Baetis	3041	Total Sericostoma	35
Total Leuctra	2323	Total Habroleptoides	34
Total Oligochaeta	1674	Total Isoperla	31
Total Protonemura	1541	Total Amphinemura	29
Total Ephemerella	1442	Total Ancylus	29
Total Melampophylax	976	Total Paraleptophlebia	29
Total Hydracarina	725	Total Polycelis	28
Total Limnius	624	Total Hydroptila	23
Total Esolus	609	Total Odontocerum	22
Total Elmis	474	Total Hydropsyche	21
Total Riolus	397	Total Liponeura	20
Total Niphargus	378	Total Glossosoma	18
Total Agapetus	355	Total Pisidium	16
Total Planaria	353	Total Potamophylax	16
Total Perlodes	306	Total Ceratopogonidae	15
Total Rhithrogena	249	Total Normandia	6
Total Ostracoda	240	Total Perla	6
Total Habrophlebia	226	Total Sialis	5
Total Limoniidae	203	Total Stratiomyidae	5
Total Atherix	172	Total Silo	4
Total Empididae	156	Total Wormaldia	4
Total Rhyacophila	145	Total Chaetopteryx	3
Total Ecdyonurus	135	Total Chloroperla	3
Total Tinodes	127	Total Erpobdella	3
Total Synagapetus	88	Total Philopotamus	3
Total Simuliidae	87	Total Coelambus	2
Total Nemoura	77	Total Gordiaceae	2
Total Torleya	77	Total Gyraulus	2
Total Valvata	75	Total Lype	2
Total Dugesia	58	Total Polycentropus	2
Total Psychodidae	56	Total Asellus	1
Total Hydraena	54	Total Dolichopodidae	1
Total Scirtes	53	Total Piscicola	1
Total Allogamus	41	Total Velia	1
Total General	38143		

Tabla 5: Géneros y abundancias de macroinvertebrados de la Región Picos (España).

Géneros	Cantidad	Géneros	Cantidad
Total Baetis	3502	Total Micrasema	21
Total Echinogammarus	3084	Total Stratiomyidae	19
Total Chironomidae	2118	Total Chloroperla	16
Total Elmis	942	Total Liponeura	16
Total Oligochaeta	751	Total Ostracoda	14
Total Esolus	633	Total Ceratopogonidae	13
Total Leuctra	613	Total Dolichopodidae	13
Total Rhithrogena	604	Total Hexatoma	10
Total Ephemerella	533	Total Ephemera	7
Total Simuliidae	415	Total Paraleptophlebia	7
Total Protonemura	399	Total Elodes	6
Total Limnius	362	Total Ithytrichia	6
Total Synagapetus	183	Total Amphinemura	5
Total Polycelis	182	Total Erpobdella	4
Total Dinocras	146	Total Haementeria	4
Total Hydracarina	145	Total Oulimnius	4
Total Habroleptoides	144	Total Bythinella	3
Total Ecdyonurus	134	Total Goera	3
Total Scirtes	112	Total Hydrocyphon	3
Total Sericostoma	110	Total Philopotamus	3
Total Caenis	103	Total Planaria	3
Total Rhyacophila	101	Total Anomalopterygella	2
Total Isoperla	98	Total Dicranota	2
Total Ancylus	94	Total Muscidae	2
Total Empididae	94	Total Pachyleuctra	2
Total Hydropsyche	88	Total Pisidium	2
Total Hydraena	68	Total Psychomyia	2
Total Potamopyrgus	65	Total Theodoxus	2
Total Siphonoperla	55	Total Beraea	1
Total Tinodes	50	Total Glossosoma	1
Total Hydroptila	47	Total Gordiacea	1
Total Micronecta	44	Total Gyraulus	1
Total Limoniidae	40	Total Hydrometra	1
Total Atherix	34	Total Limnebius	1
Total Psychodidae	33	Total Lymnaea	1
Total Riolus	26	Total Orectochilus	1
Total Odontocerum	23	Total Oreodytes	1
Total Silo	23	Total Oribatidae	1
Total Perla	22	Total Pomatinus	1
Total Polycentropus	22	Total Potamophylax	1
Total Epeorus	21	Total Tabanidae	1
Total Habrophlebia	21	Total Tipulidae	1
Total general	16492		

Tabla 6: Géneros y abundancias de macroinvertebrados de la Región Rif (Marruecos).

Géneros	Cantidad	Géneros	Cantidad
Total general	16353	Total Normandia	14
Total Chironomidae	6895	Total Hydroptila	13
Total Baetis	6109	Total Protonemura	13
Total Simuliidae	811	Total Euleuctra	12
Total Oligochaeta	294	Total Galba	11
Total Hydracarina	280	Total Tinodes	11
Total Caenis	198	Total Setodes	7
Total Esolus	183	Total Erpobdella	6
Total Habrophlebia	163	Total Helophorus	6
Total Ephemerella	123	Total Cordulegaster	5
Total Hydropsyche	115	Total Hydraena	5
Total Chloroperla	108	Total Ancylus	4
Total Agapetus	96	Total Atherix	4
Total Empididae	80	Total Chaetarthria	4
Total Elmis	77	Total Echinogammarus	4
Total Epeorus	73	Total Aulonogyrus	3
Total Stratiomyidae	72	Total Onychogomphus	3
Total Melanopsis	60	Total Pisidium	3
Total Bythinella	52	Total Boyeria	2
Total Isoperla	43	Total Copelatus	2
Total Limoniidae	42	Total Dixa	2
Total Rhyacophila	42	Total Polycentropus	2
Total Calamoceras	39	Total Riolus	2
Total Ceratopogonidae	30	Total Scirtes	2
Total Leuctra	24	Total Agabus	1
Total Sericostoma	24	Total Athripsodes	1
Total Allogamus	22	Total Goera	1
Total Oulimnius	22	Total Gyraulus	1
Total Deronectes	21	Total Hydrocyphon	1
Total Catagapetus	20	Total Limnius	1
Total Psychodidae	19	Total Mesophylax	1
Total Dugesia	18	Total Platycnemis	1
Total Muscidae	16	Total Pomatinus	1
Total Perla	16	Total Rhagionidae	1
Total Valvata	15	Total Synagapetus	1
Total General	32706		

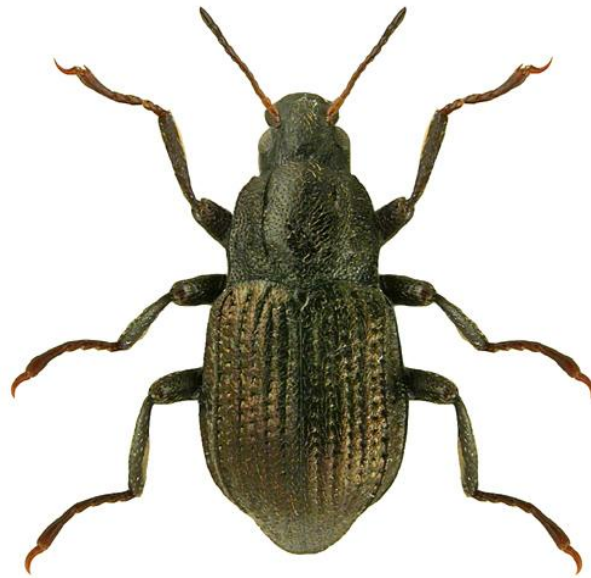
ANEXO 2: Fotografías de los 13 géneros analizados mediante modelos estadísticos Gam.

LEUCTRA



<http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Leuctra+ferruginea>

ELMIS



<http://www.colpolon.biol.uni.wroc.pl/elmis%20aenea.htm>

RHITHROGENA



<http://www.troutnut.com/hatch/517/Mayfly-Rhithrogena>

SIMULIIDAE



<http://www.troutnut.com/specimen/650>

RHYACOPHILA



<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ceratopogonidae.jpg>

CERATOPOGONIDAE



http://www.biopix.com/rhyacophila-fasciata_photo-52921.aspx

HYDRAENA



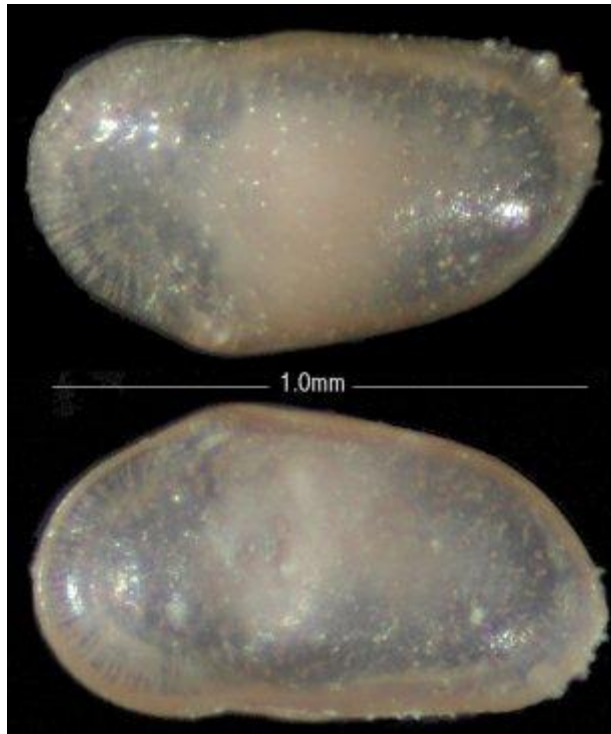
<http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/eng/hydripkm.htm>

PROTONEMURA



<http://www.perla.ecologie.gouv.fr/page.asp?sel=191>

OSTRACODA:



http://www.gaultammonite.co.uk/pages/Ostracoda/Albian_Ostracoda.htm

SERICOSTOMA



http://guillaume.doucet.free.fr/index.php?id_partie=2&id_page=1&table=trichoptere&genre=Sericotoma&espece=sp&nom=TRICHOPTERES

EPHEMERELLA



<http://www.pbase.com/image/110891541>

TINODES



[http://guillaume.doucet.free.fr/index.php?id_partie=2&id_page=1&table=trichoptere&genre=Tinodes&espece=sp
&nom=TRICHOPTERES](http://guillaume.doucet.free.fr/index.php?id_partie=2&id_page=1&table=trichoptere&genre=Tinodes&espece=sp&nom=TRICHOPTERES)

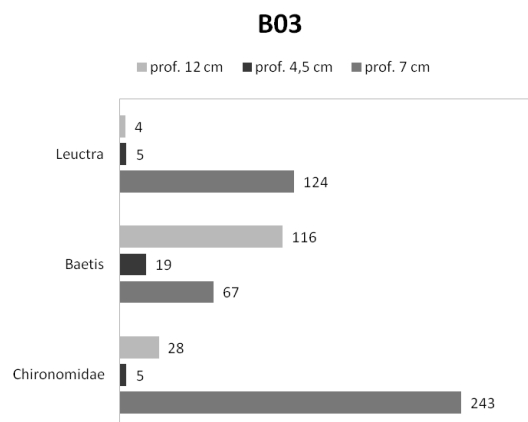
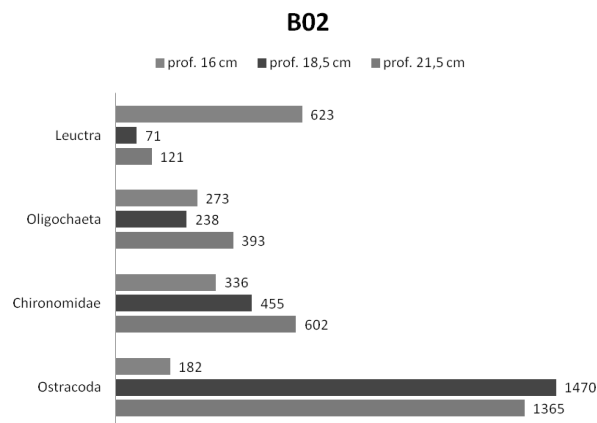
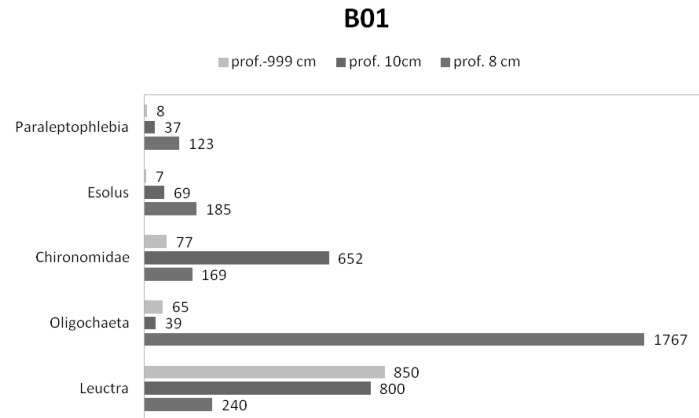
POLICELIS:

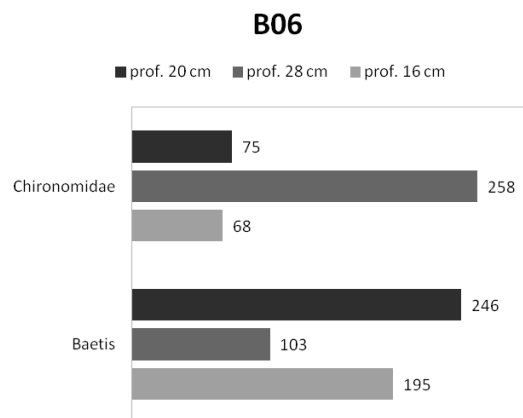
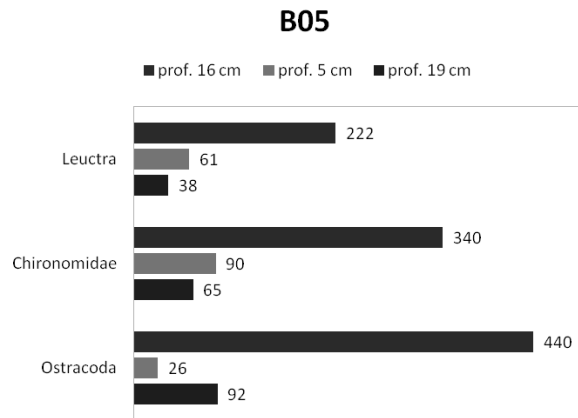
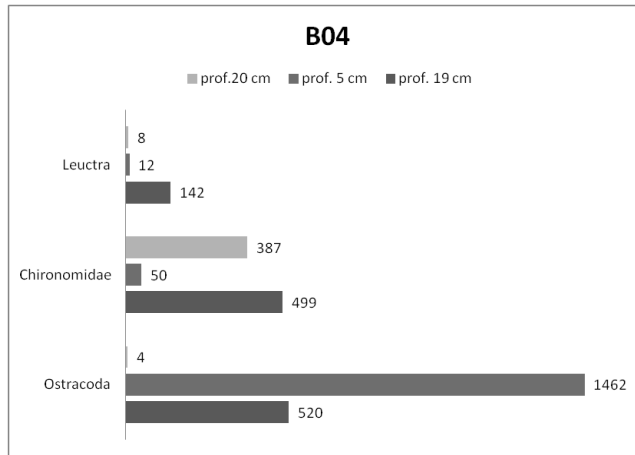


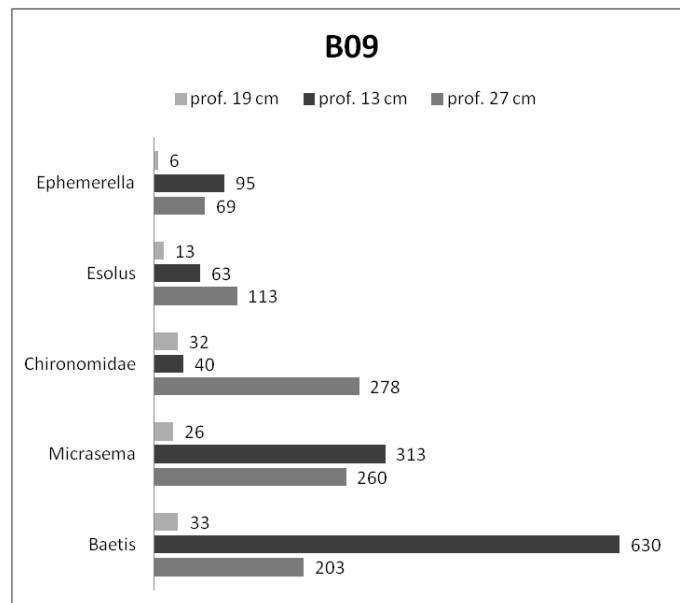
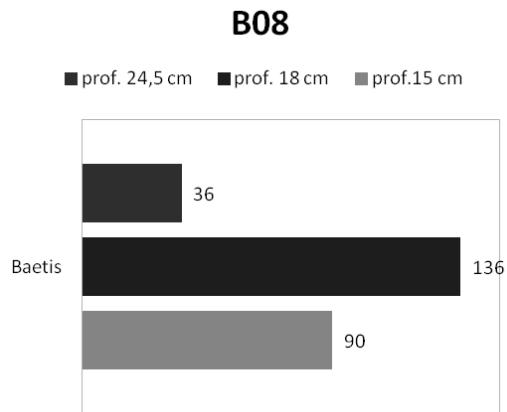
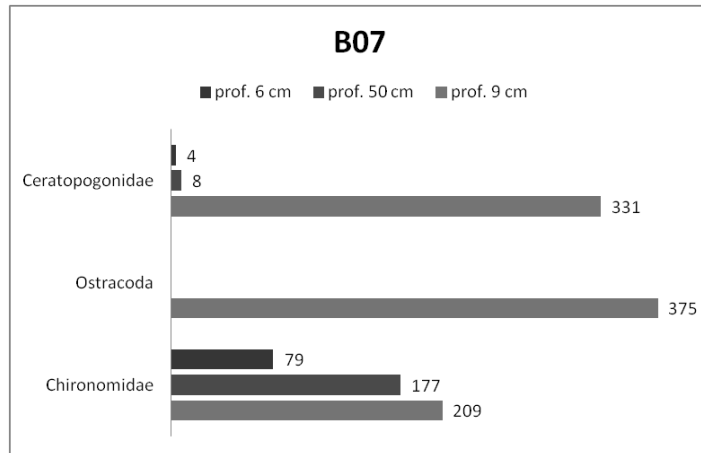
http://www.mybitoftheplanet.com/2008/pond/big_pics/Jan/2101flatworm2.html

ANEXO 3: Gráficos de las abundancias de los géneros mayoritarios por cada Punto de muestreo.

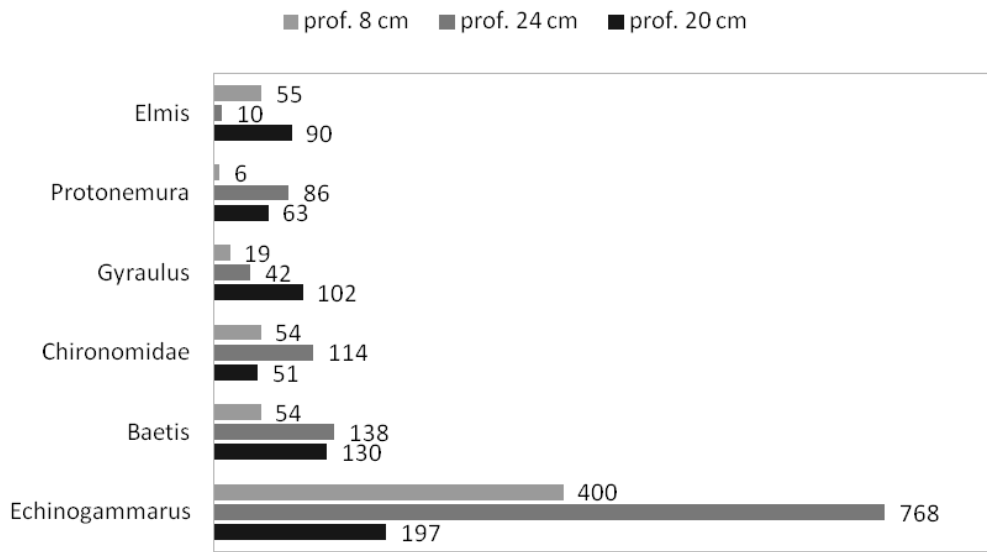
GRÁFICOS DE LAS ABUNDANCIAS DE LOS GÉNEROS MAYORITARIOS DE LA REGIÓN BÉTICO:



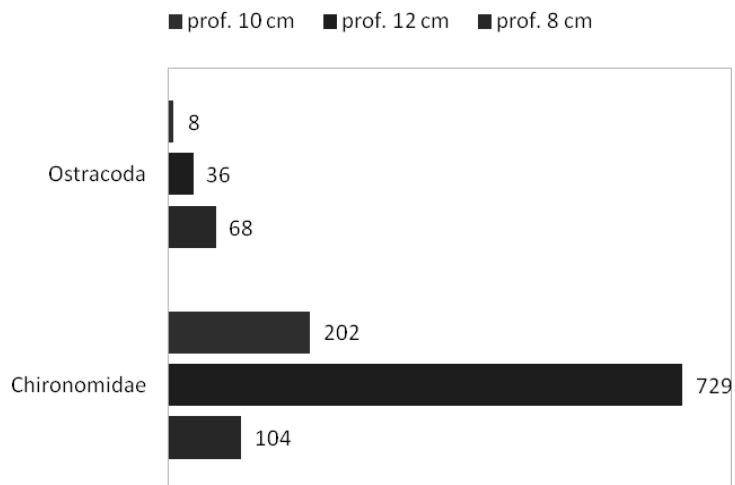




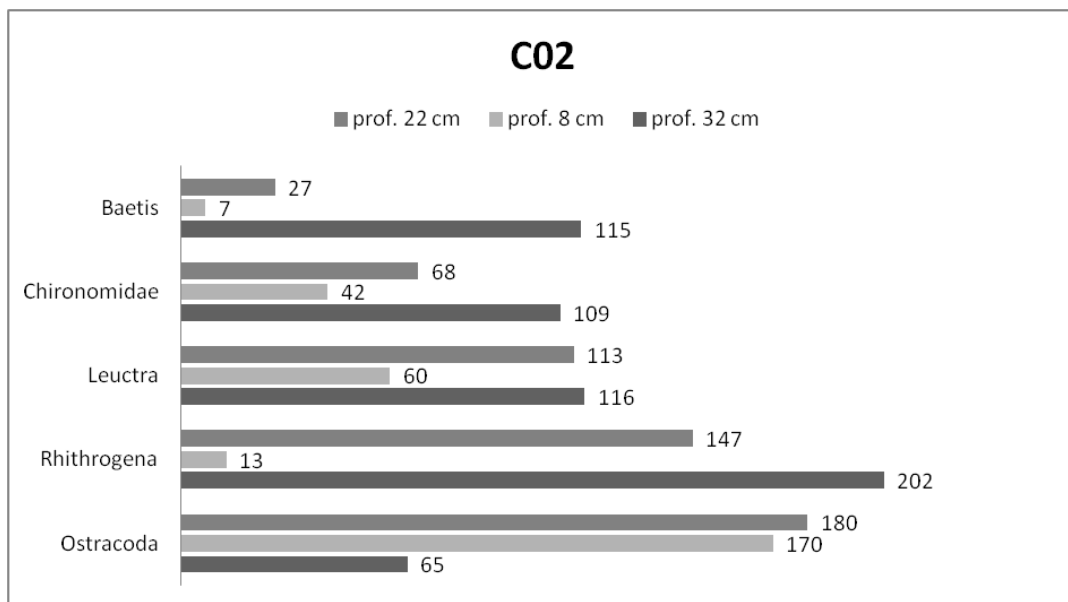
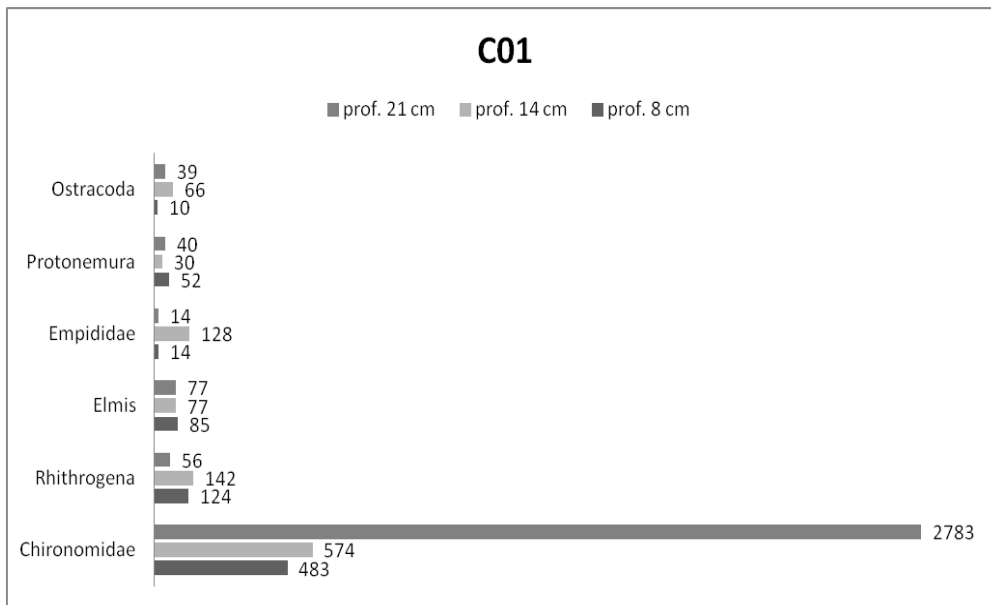
B10

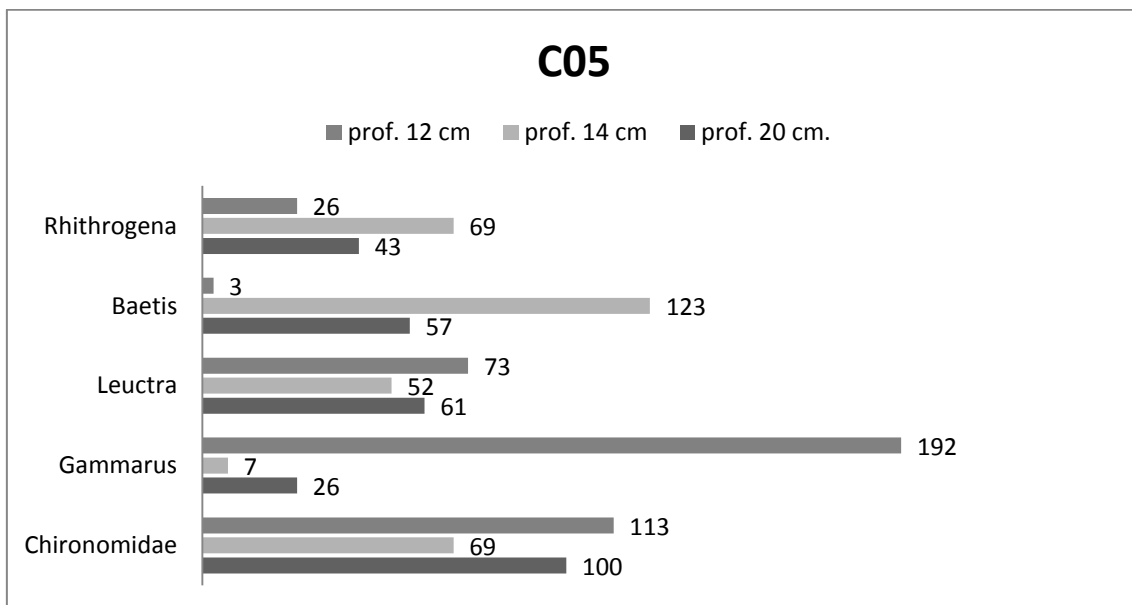
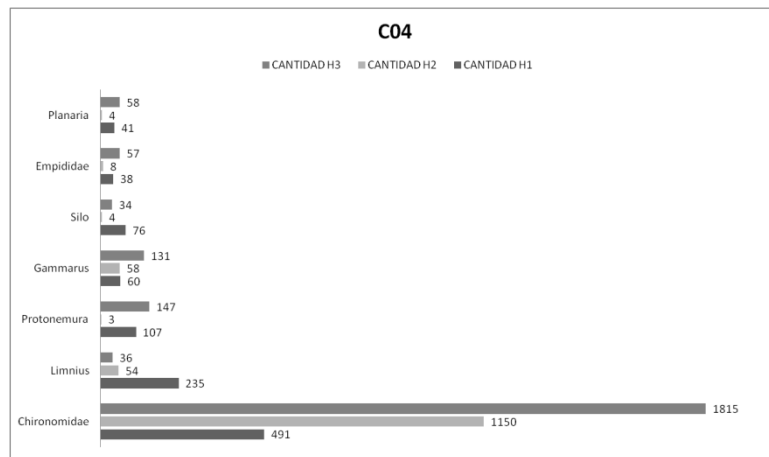
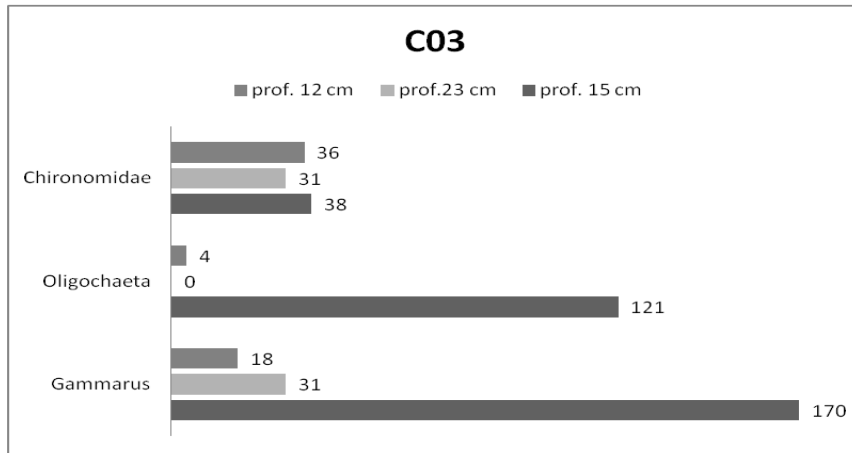


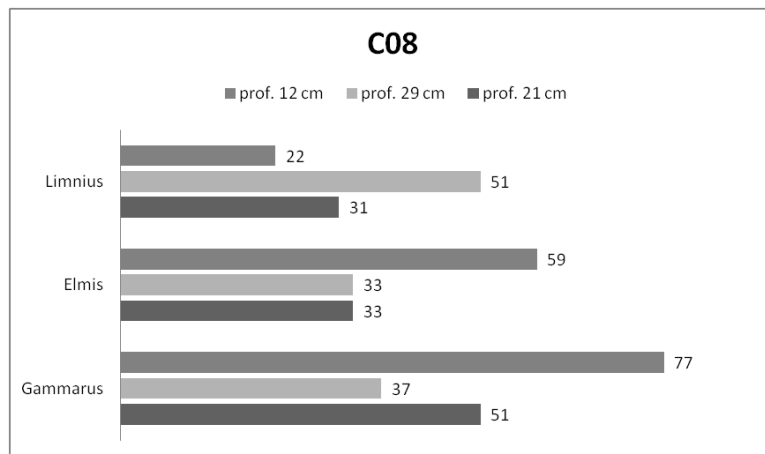
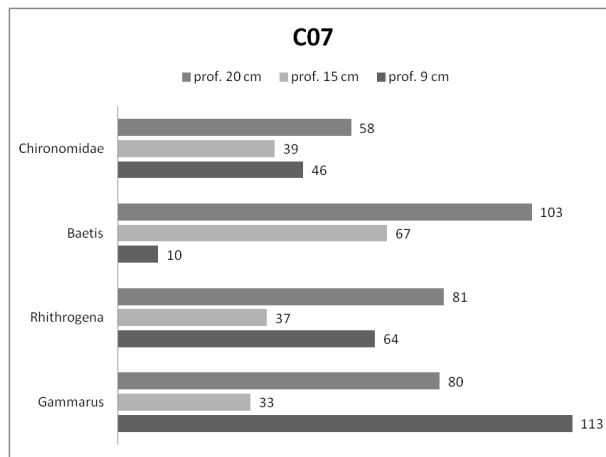
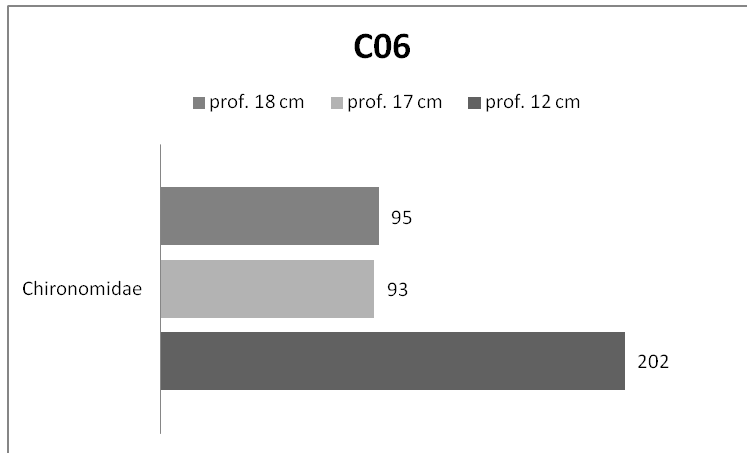
B11

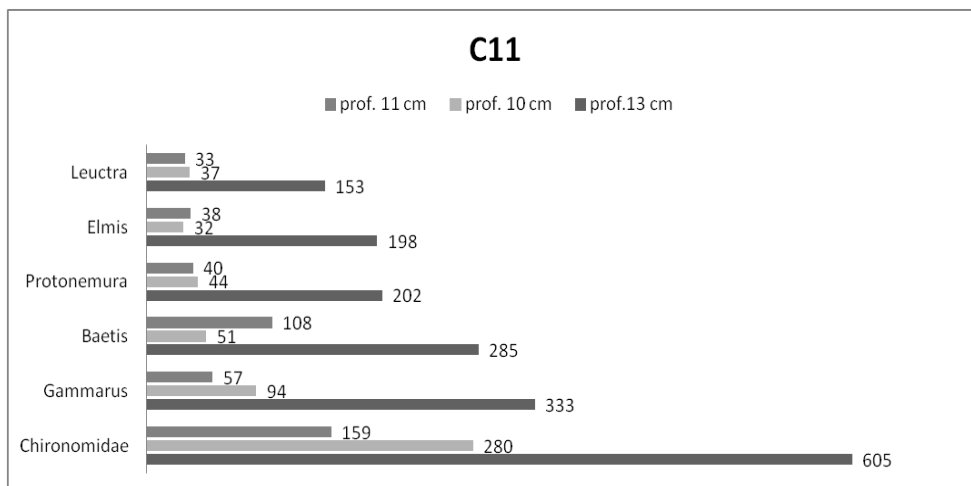
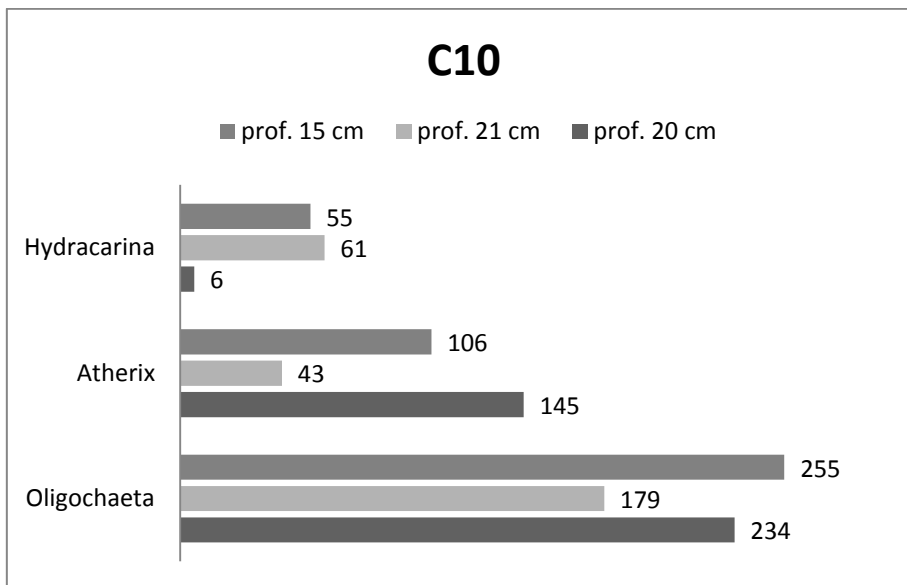
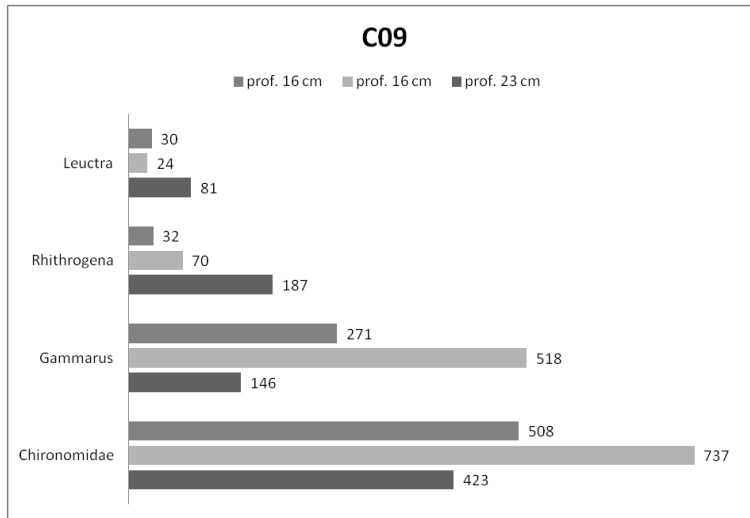


GRÁFICOS DE LAS ABUNDANCIAS DE LOS GÉNEROS MAYORITARIOS DE LA REGIÓN CÁRPATOS:

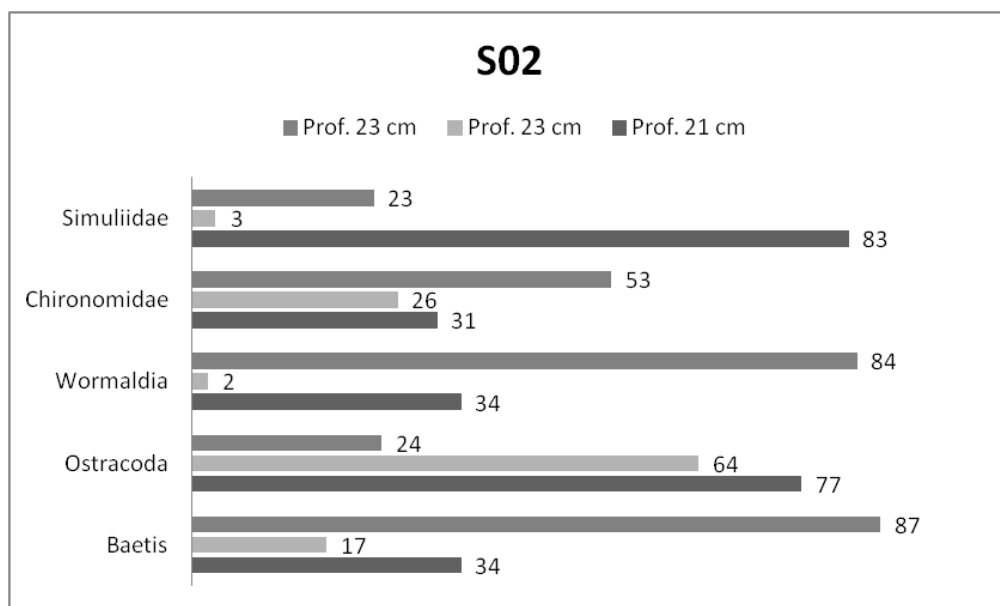
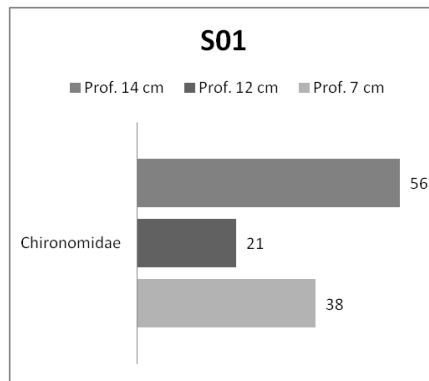


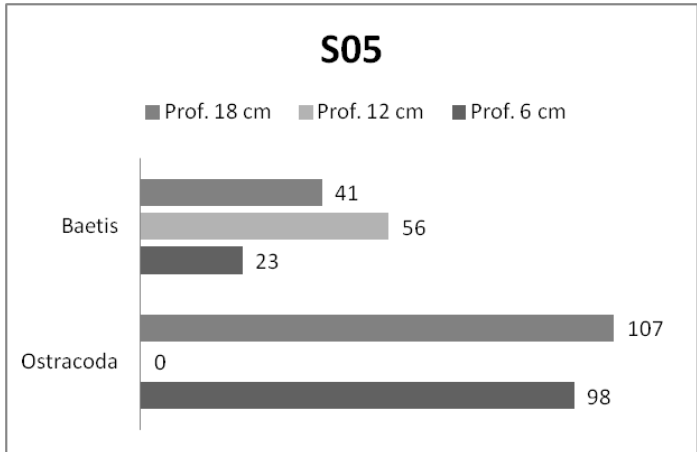
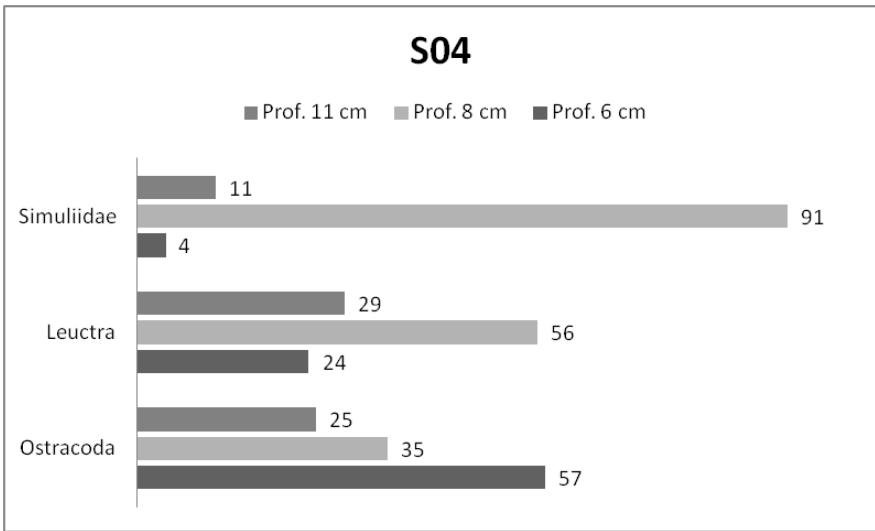
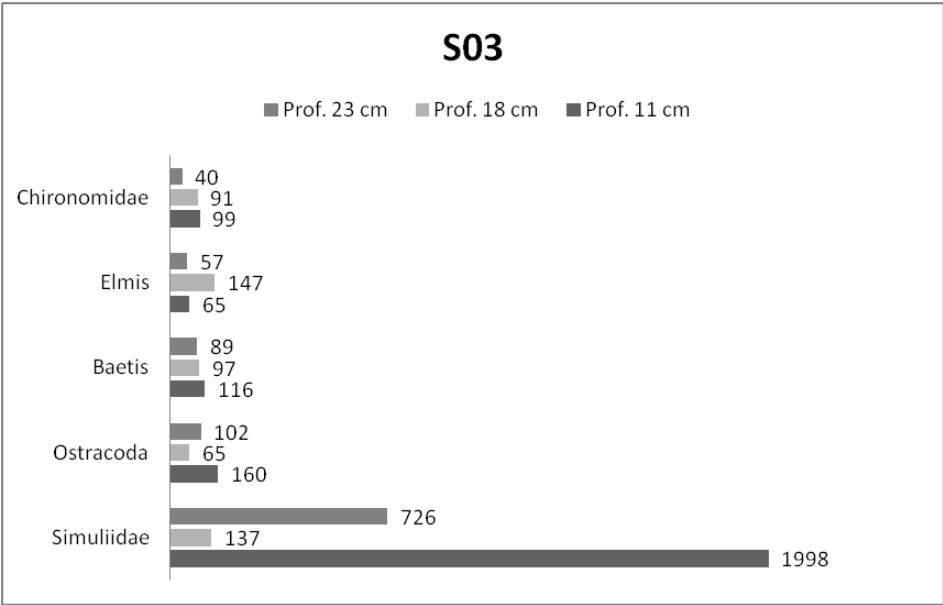


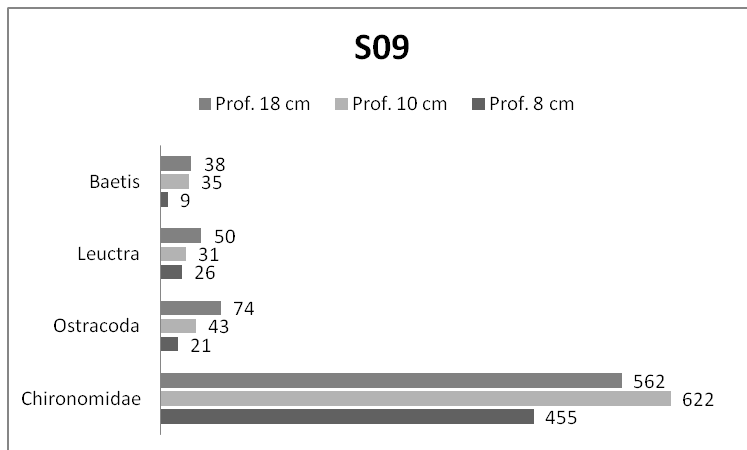
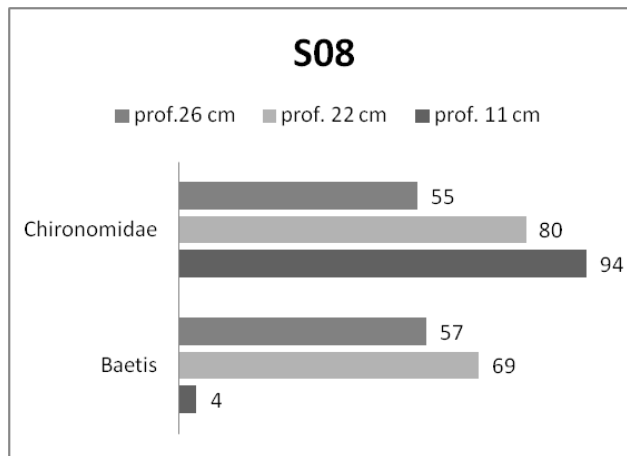
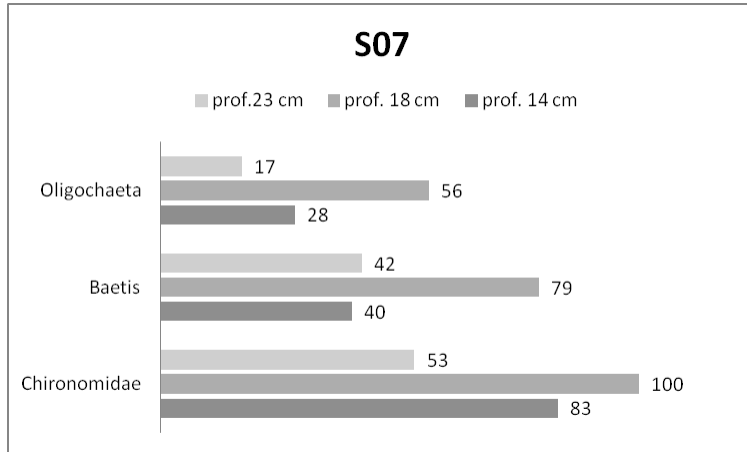
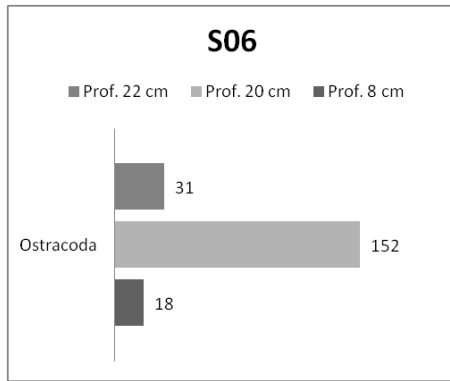


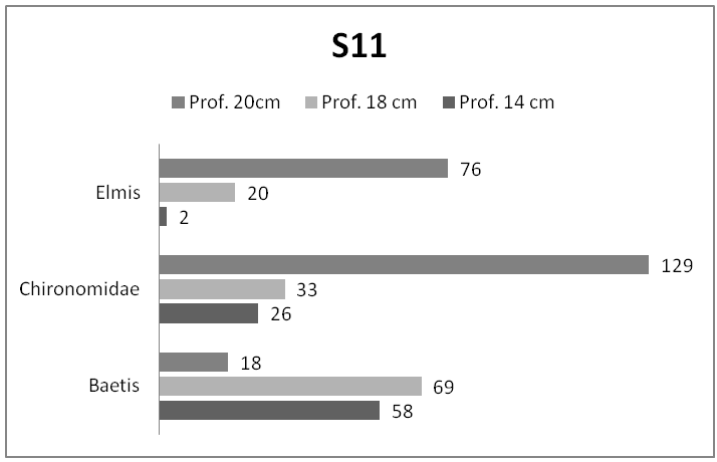
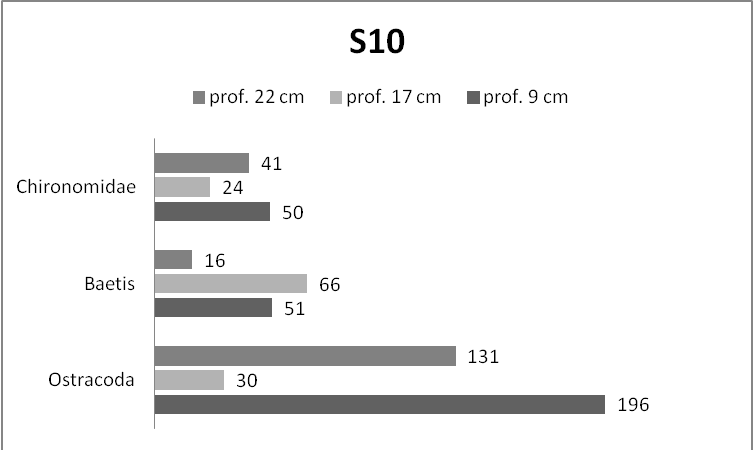


GRÁFICOS DE LAS ABUNDANCIAS DE LOS GÉNEROS MAYORITARIOS DE LA REGIÓN JÄMNTLAND:

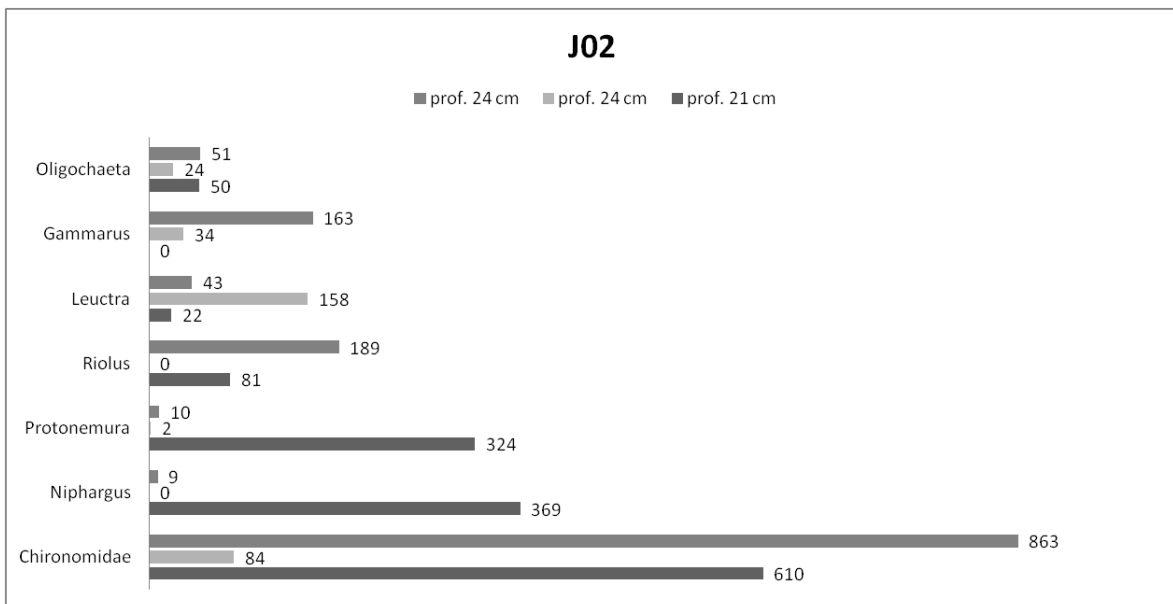
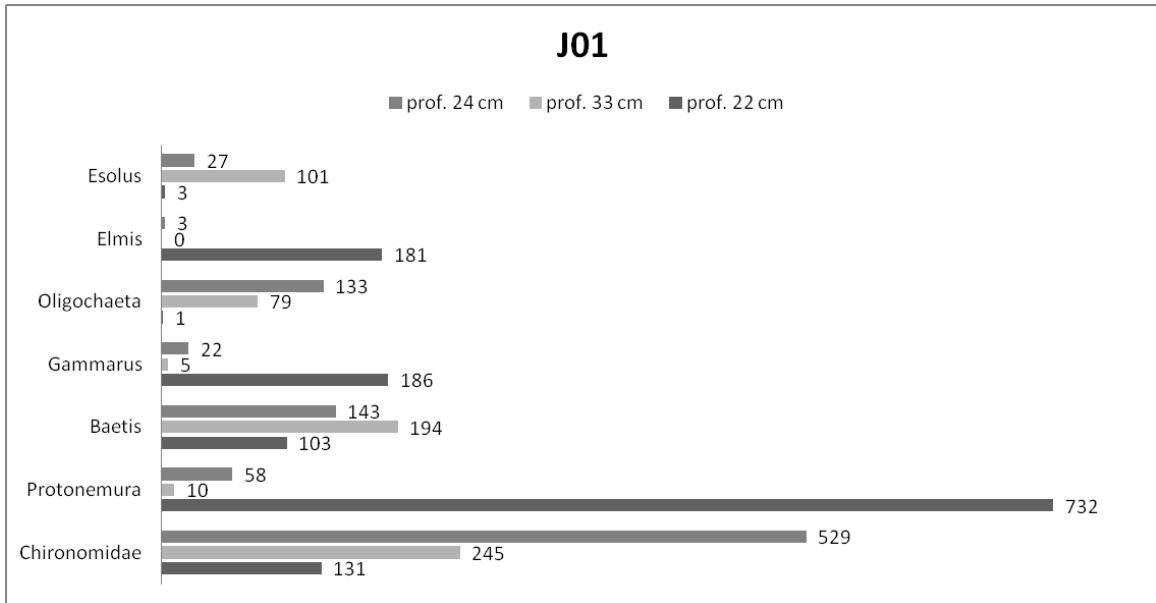


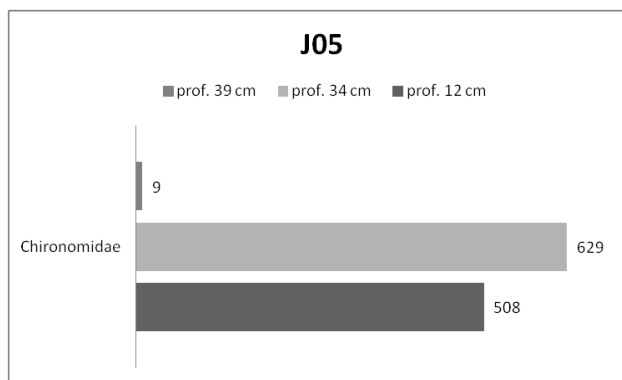
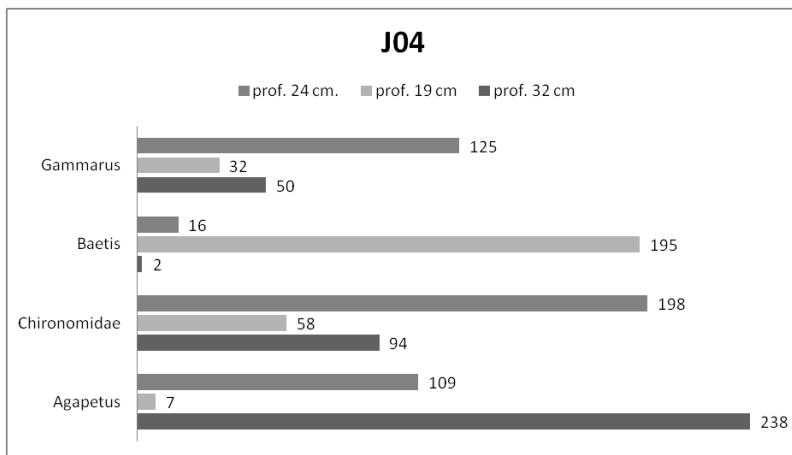
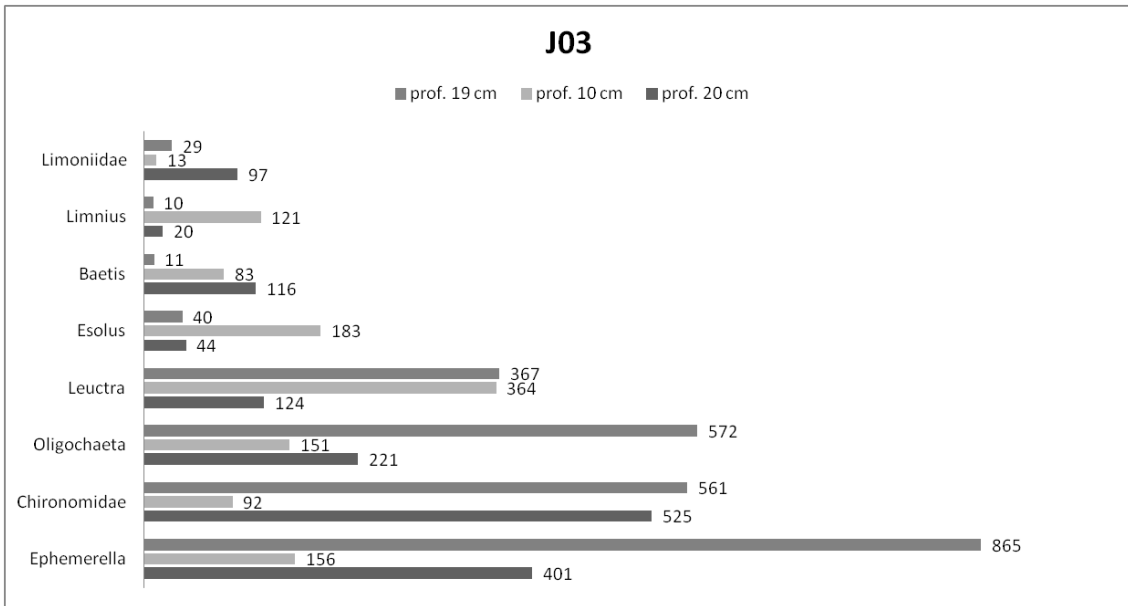


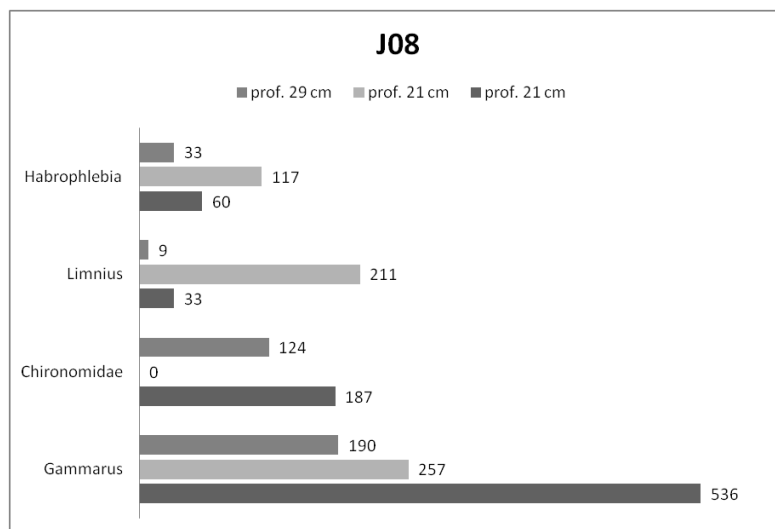
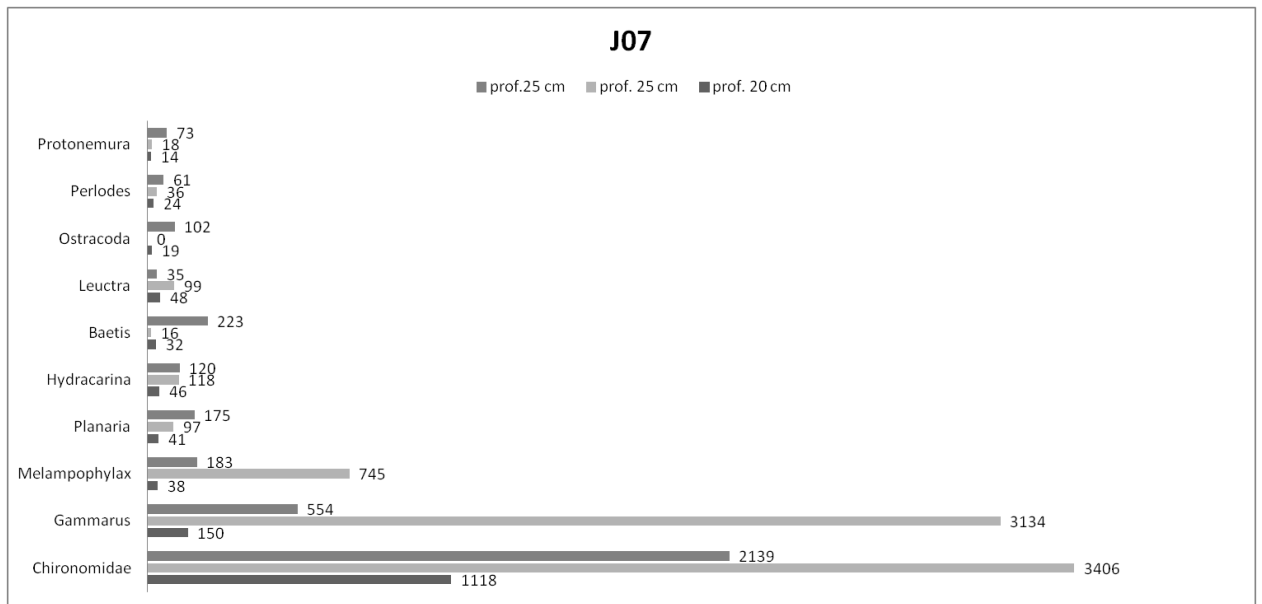
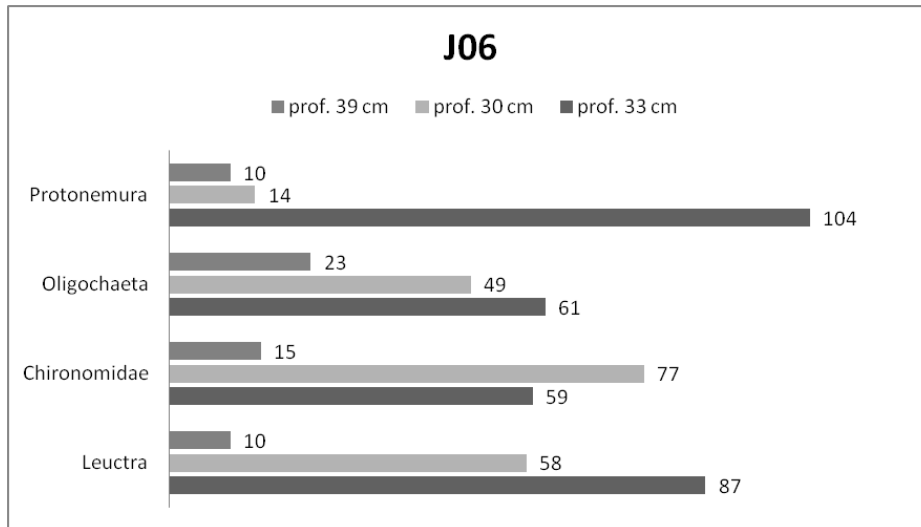


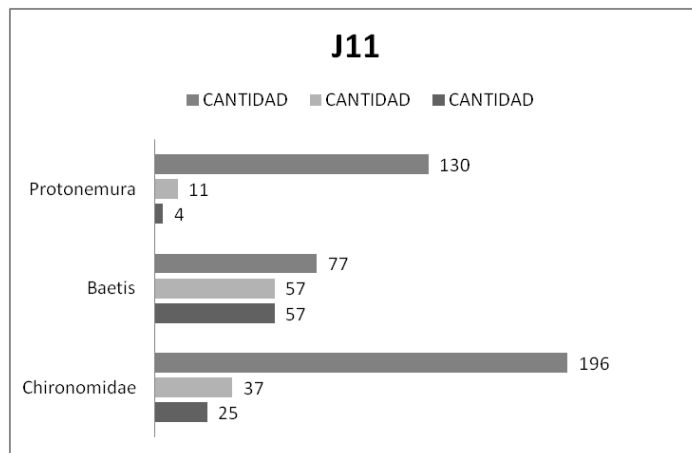
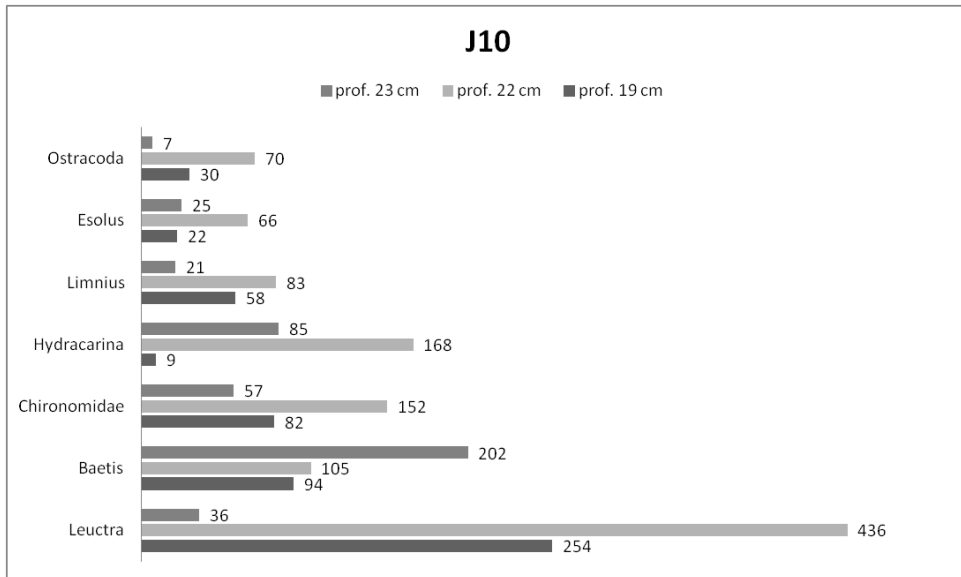
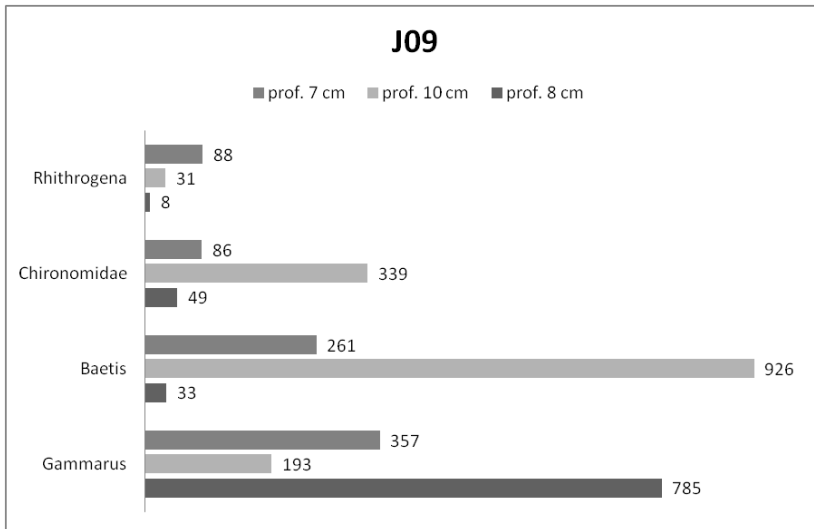


GRÁFICOS DE LAS ABUNDANCIAS DE LOS GÉNEROS MAYORITARIOS DE LA REGIÓN JURA:

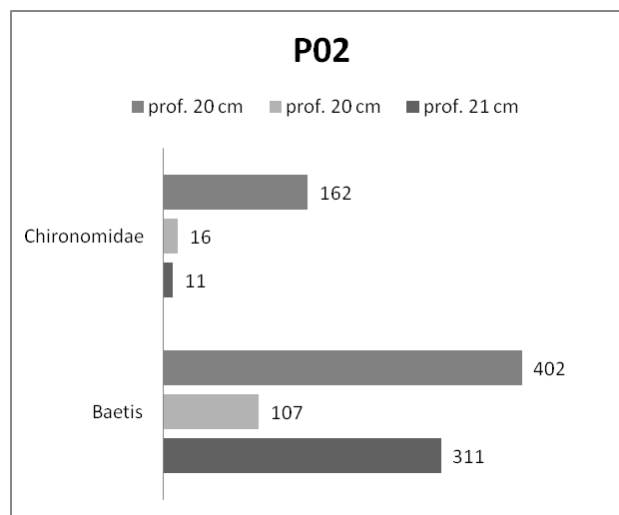
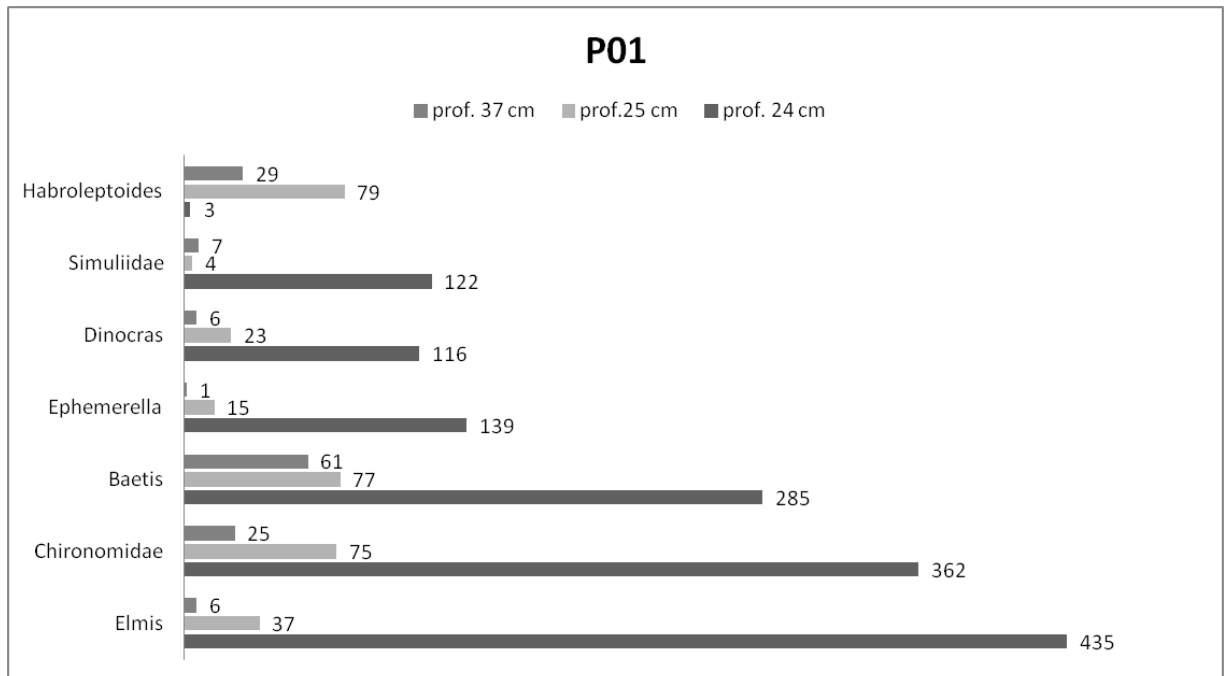


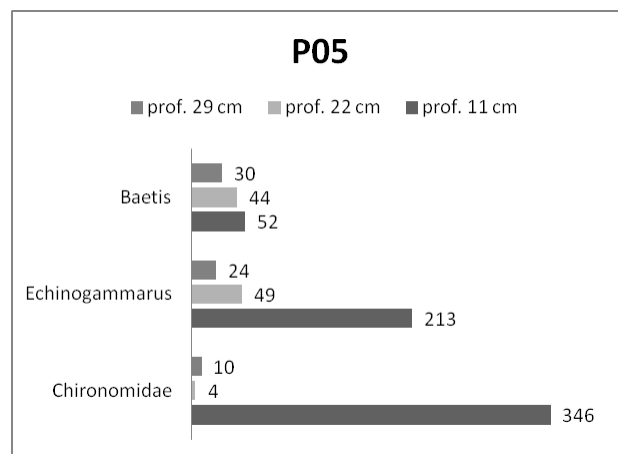
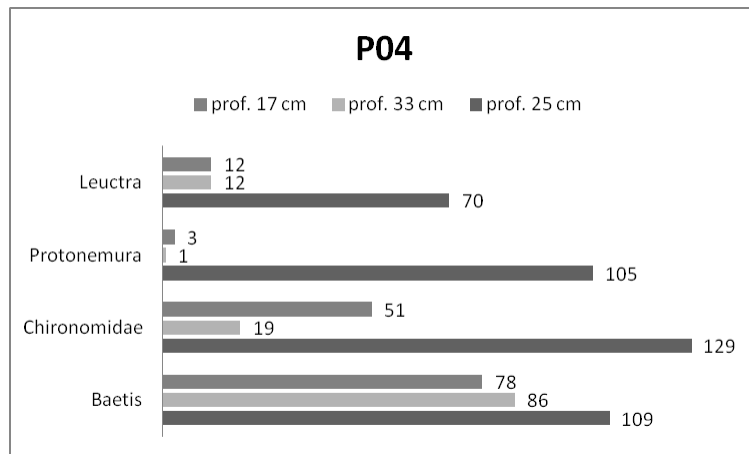
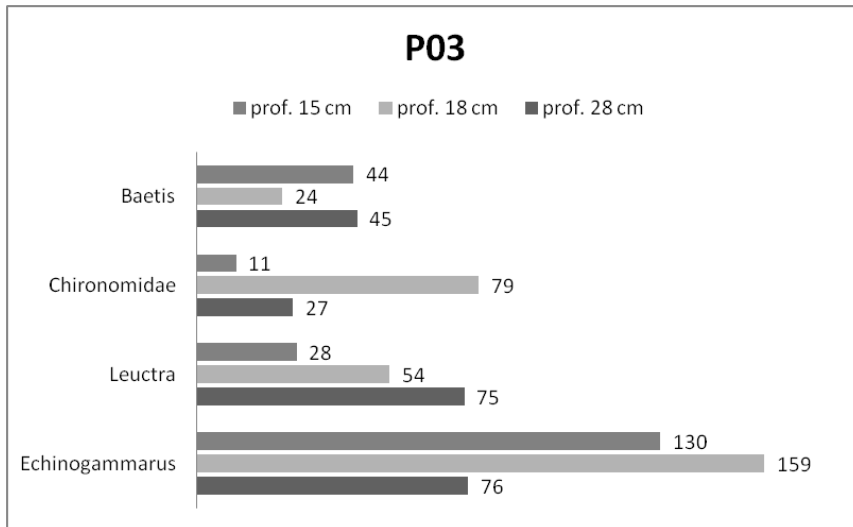


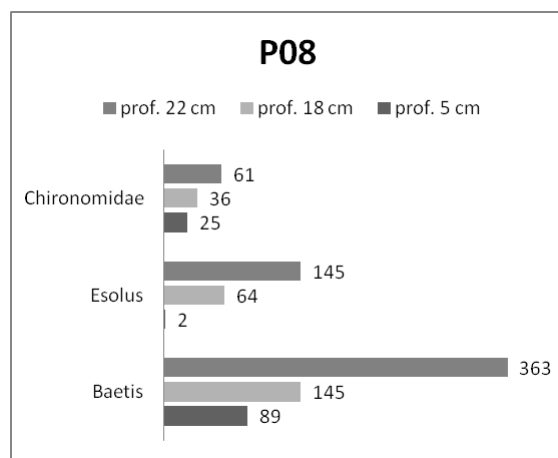
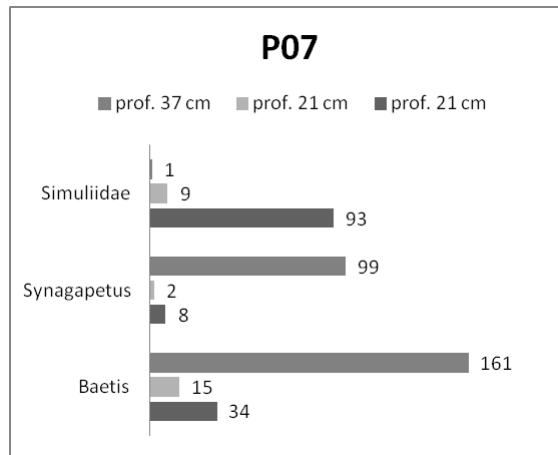
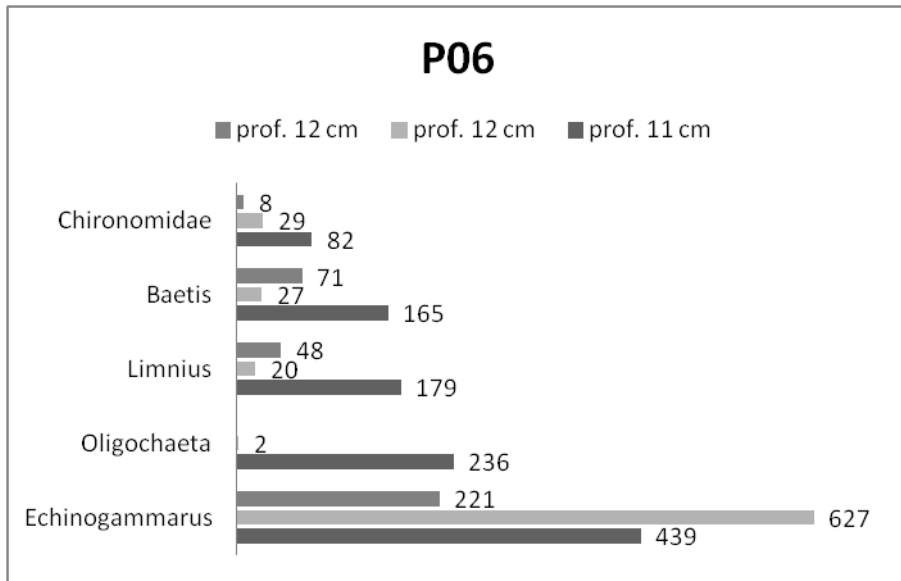


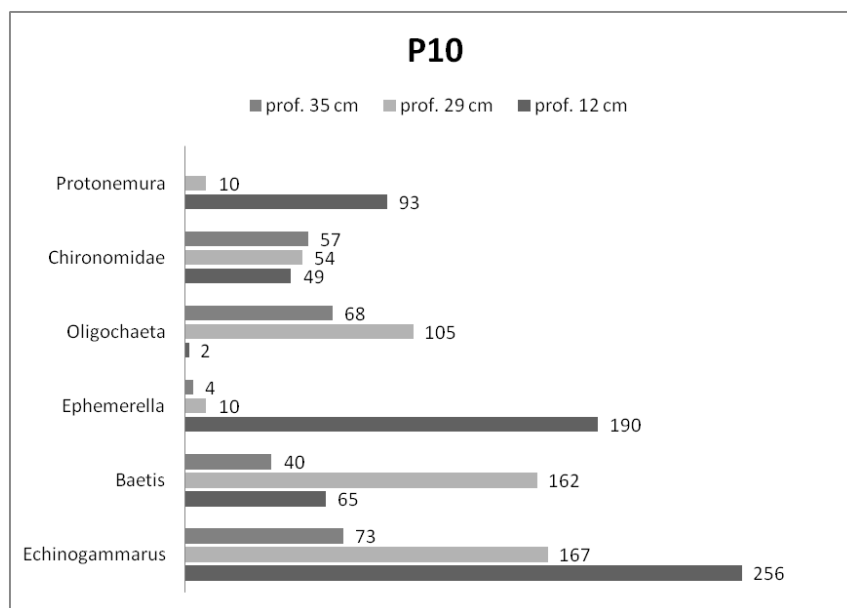
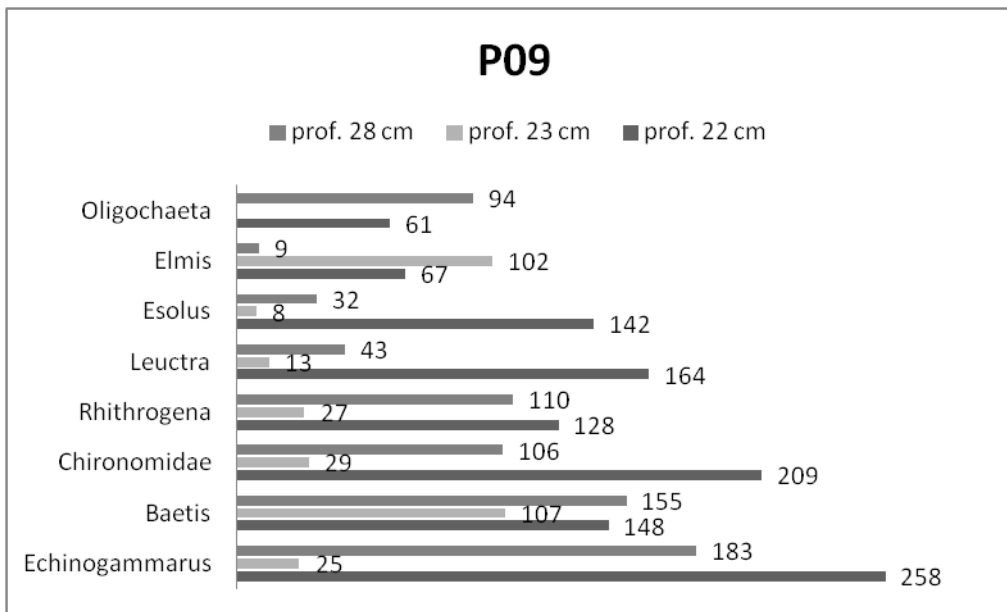


GRÁFICOS DE LAS ABUNDANCIAS DE LOS GÉNEROS MAYORITARIOS DE LA REGIÓN PICOS:









GRÁFICOS DE LAS ABUNDANCIAS DE LOS GÉNEROS MAYORITARIOS DE LA REGIÓN RIF:

