



UNIVERSIDAD DE LEÓN

ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIERÍA AGRARIA

## **TRABAJO FIN DE GRADO**

GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE  
PARÁMETROS AMBIENTALES EN LA  
DISTRIBUCIÓN DEL CANGREJO ROJO  
AMERICANO (*Procambarus clarkii*) EN LOS  
MARGENES DEL LAGO DE CARUCEDO Y DEL  
EMBALSE LA CAMPAÑANA (LEÓN).**

***STUDY OF THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL  
PARAMETERS IN RED AMERICAN CRAB (*Procambarus clarkii*)  
DITRIBUTION ON THE BANKS OF CARUCEDO LAKE AND LA  
CAMPAÑANA RESERVOIR (LEÓN).***

ALUMNO: Pablo Carballo Cabezas

Tutores: Etefvina Núñez Pérez y Emilio Jorge Tizado Morales

Ponferrada, Diciembre 2017

# HOJA DE CONFORMIDAD

## TRABAJOS DE CARÁCTER CIENTÍFICO O TÉCNICO

Título del Trabajo: ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE PARÁMETROS AMBIENTALES EN LA DISTRIBUCIÓN DEL CANGREJO ROJO AMERICANO (*Procambarus clarkii*) EN LOS MARGENES DEL LAGO DE CARUCEDO Y DEL EMBALSE LA CAMPAÑANA.

Autor: Pablo Carballo Cabezas.

### ELEMENTOS DE OBLIGADA APARICIÓN

- Resumen.** De 400 palabras como máximo.
- Introducción.** Debe incluir los motivos por los que se realiza el trabajo y los antecedentes o estudios previos sobre el mismo.
- Objetivos.** Se detallarán de forma clara y concisa los objetivos que se pretenden alcanzar.
- Material y Métodos / Metodología.** Descripción de las técnicas, los materiales empleados, y los métodos de análisis de datos, de forma que se garantice la repetibilidad de los mismos.
- Resultados / Análisis / Diagnóstico.** La información obtenida con el estudio se presentará de forma sistemática, preferentemente mediante tablas y figuras que deberán ser en todo caso autoexplicativas, y deberán aparecer debidamente numeradas y referenciadas en un índice propio.
- Discusión.** Los resultados propios del trabajo deberán ser discutidos relacionándolos, en su caso, con otros de estudios precedentes.
- Conclusiones.** Deberán ser claras, concisas, y coherentes con los objetivos propuestos. En el caso planes de ordenación de recursos forestales, propuestas concretas con objetivos, líneas y medidas.
- Planos / Mapas.** Serán obligatorios en trabajos topográficos, estudios de implantación de cultivos o transformaciones de explotaciones, y en general, cualquier trabajo técnico o científico asociado a áreas, parcelas, o territorios determinados.
- Bibliografía.** Listado de las fuentes de información utilizadas debidamente referenciadas y ordenadas.

**OBTENIDA LA CONFORMIDAD**

**DENEGADA LA CONFORMIDAD**

(No se autoriza la presentación)

Fdo.: El Tutor/es

## **RESUMEN**

El presente estudio se realiza para determinar los parámetros ambientales que afectan a la distribución del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) en aguas del Lago de Carucedo y del embalse La Campañana, ambos pertenecientes al término municipal de Carucedo, comarca de El Bierzo (León).

En primer lugar se realiza una caracterización de la zona de estudio, donde se señalan los aspectos más importantes del medio físico, del medio natural, de la cuenca hidrográfica y del ecosistema fluvial.

A continuación se indica el material y los métodos empleados en el trabajo de campo y de laboratorio, tanto para el muestreo de macroinvertebrados, que servirán para evaluar los índices biológicos que determinan la calidad del agua y la estructura trófica dentro del ecosistema dulceacuícola; así como del cangrejo rojo americano que permiten valorar los principales parámetros ambientales que influyen en su distribución.

También se indican los resultados obtenidos y se discuten con otros estudios conocidos, y finalmente se señalan las principales conclusiones obtenidas.

# ÍNDICE

# ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1: MEMORIA .....	1
DOCUMENTO 2: PLANOS .....	94

# ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Justificación.....	2
1.2	Objetivos .....	2
2.	CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	3
2.1.	Localización .....	3
2.2.	Caracterización del medio natural.....	6
2.2.1.	Medio físico.....	6
2.2.2.	Flora y fauna.....	9
2.2.3.	Regulaciones especiales .....	17
2.3.	Caracterización de la cuenca hidrográfica.....	19
2.3.1.	Parámetros de forma.....	20
2.3.2.	Parámetros de relieve .....	21
2.3.3.	Parámetros relativos a la red de drenaje.....	21
2.4.	Caracterización del ecosistema fluvial .....	23
3.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	28
3.1.	Trabajo de campo .....	28
3.1.1.	Puntos de muestreo.....	28
3.1.2.	Muestreo de macroinvertebrados .....	39
3.1.3.	Muestreo de cangrejo rojo americano .....	41
3.2.	Trabajo de laboratorio .....	43
3.2.1.	MACROINVERTEBRADOS .....	44
	Evaluación de la calidad de agua .....	44
	Evaluación de la estructura trófica .....	45
3.2.2.	CANGREJO ROJO AMERICANO .....	47
	Evaluación del Sex-ratio .....	47
	Evaluación de los parámetros ambientales.....	47
3.3.	Descripción de los macroinvertebrados estudiados.....	50
3.4.	Ficha técnica de <i>Procambarus clarkii</i> .....	55
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1.	Macroinvertebrados.....	60
4.1.1.	Índice IBMWP .....	71
4.1.2.	Estructura trófica .....	73
4.2.	<i>Procambarus clarkii</i> .....	76

4.2.1.	Sex-ratio .....	79
4.2.2.	Parámetros ambientales.....	80
5.	CONCLUSIONES .....	88
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	89

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano N° 1: SITUACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	95
Plano N° 2: RED HIDROGRÁFICA .....	96
Plano N° 3: DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA .....	97
Plano N° 4: PUNTOS DE MUESTREO .....	98
Plano N° 5: PRINCIPALES PARÁMETROS .....	99
Plano N° 6: ABUNDANCIA.....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de los límites de la zona de estudio. ....	3
Tabla 2. Localización y características de la estación meteorológica del municipio de Ponferrada. Fuente de información: Aemet (Agencia Estatal de Meteorología). ....	6
Tabla 3. Datos climáticos Estación de Ponferrada (1981-2010). Fuente de información: Aemet (Agencia Estatal de Meteorología).....	6
Tabla 4. Leyenda de datos climáticos Estación de Ponferrada (1981-2010). Fuente de información: Aemet (Agencia Estatal de Meteorología).....	7
Tabla 5. Datos meteorológicos adaptados a la zona de estudio .....	7
Tabla 6. Cálculo de ETP según la fórmula de Thornthwite. Fuente: <a href="http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php">http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php</a> .....	8
Tabla 7. Índices bioclimáticos. Fuente: <a href="http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php">http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php</a> .....	9
Tabla 8. Inventario de la vegetación. ....	10
Tabla 9. Inventario faunístico.....	12
Tabla 10. Clasificación del Índice de Compacidad o Gravelius. Fuente: <a href="http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S2007-24222015000400002">http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S2007-24222015000400002</a> .....	20
Tabla 11. Clasificación del Coeficiente de Masividad de Martonne (1940). Fuente: <a href="https://es.slideshare.net/lennrnadex/morfometria-pico-tancitaro">https://es.slideshare.net/lennrnadex/morfometria-pico-tancitaro</a> .....	21
Tabla 12. Rangos de densidad de drenaje. Fuente: <a href="https://es.slideshare.net/lennrnadex/morfometria-pico-tancitaro">https://es.slideshare.net/lennrnadex/morfometria-pico-tancitaro</a> . ....	22
Tabla 13. Clasificación del índice IBMWP para macroinvertebrados acuáticos. Fuente: <a href="https://fnca.eu/images/documentos/proy%20Evaluacion%20ecosistemas%20rio%20grande/proy-riogrande-2008-inform-IBMWP.pdf">https://fnca.eu/images/documentos/proy%20Evaluacion%20ecosistemas%20rio%20grande/proy-riogrande-2008-inform-IBMWP.pdf</a> .....	44
Tabla 14. Tipologías de parámetros ambientales. ....	47
Tabla 15. Inventario de Macroinvertebrados. ....	60
Tabla 16. Número de individuos perteneciente a cada orden del muestreo de macroinvertebrados. ....	61
Tabla 17. Resultados del índice IBMWP. ....	71
Tabla 18. Puntuación según índice IBMWP en función de la localización en la zona del Lago de Carucedo.....	72
Tabla 19. Clasificación de las familias según su grupo funcional. ....	73
Tabla 20. Número de individuos que corresponden a cada grupo funcional en el Lago de Carucedo: Lago Grande, Punto medio entre los lagos y Lago Pequeño. ....	74
Tabla 21. Inventario de <i>Procambarus clarkii</i> en el Lago de Carucedo.....	76
Tabla 22. Clasificación de los ejemplares de <i>P. clarkii</i> según tamaño y sexo. ....	77
Tabla 23. Variaciones del sex-ratio según otros estudios y autores. Fuente: Pérez-Bote J. L. et al.....	79

Tabla 24. Clasificación de los puntos muestreados en función de los parámetros definidos.....	80
Tabla 25. Media de individuos por sexo, tamaño y totalidad de individuos ( $\Sigma$ ) en función de los parámetros ambientales que afectan a la distribución de <i>P. clarkii</i> . .....	81

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Distribución de órdenes en todo el conjunto del área de estudio. ....	61
Gráfica 2. Distribución clasificada por órdenes en función de los puntos de muestreo. ....	67
Gráfica 3. Distribución en la cual se muestran el número de individuos clasificados por familias en función de los puntos de muestreo. ....	70
Gráfica 4. Porcentajes de grupos tróficos en la totalidad del Lago de Carucedo: Lago Grande, Punto medio entre los Lagos y Lago Pequeño. ....	74
Gráfica 5. Tamaño medio de <i>P. clarkii</i> por punto de muestreo. ....	77
Gráfica 6. Porcentaje de sexos de <i>P. clarkii</i> en función de su localización. ....	79
Gráfica 7. Individuos en función de la presencia o no de hendidura en la orilla. ....	82
Gráfica 8. Individuos en función de la tipología de fondo acuático. ....	83
Gráfica 9. Número de individuos en función de las profundidades. ....	84
Gráfica 10. Número de individuos en función del grado de cobertura de la vegetación palustre. ....	85
Gráfica 11. Número de individuos en función de la calidad de agua dada por la puntuación del índice IBMWP. ....	86
Gráfica 12. Número de individuos en función del grado de cobertura proporcionado por el estrato arbóreo. ....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio dentro de España. Fuente: <a href="http://www.ign.es/iberpix2/visor/">http://www.ign.es/iberpix2/visor/</a> .....	3
Figura 2. Embalse de La Campañana.....	4
Figura 3. Lago de Carucedo, concretamente Lago de arriba o Lago pequeño.....	5
Figura 4. Lago de Carucedo, concretamente Lago de abajo o Lago grande. ....	5
Figura 5. Climodiagrama de Walter-Lieth. Fuente: <a href="http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php">http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php</a> .....	8
Figura 6. LIC y ZEPA en el municipio de Carucedo. Fuente: <a href="http://rednatura.jcyl.es/natura2000/BASE%20DATOS/municipios%20en%20lic%20y%20zepa_imprimir.pdf">http://rednatura.jcyl.es/natura2000/BASE%20DATOS/municipios%20en%20lic%20y%20zepa_imprimir.pdf</a> .....	18
Figura 7. Cuenca de la zona de estudio observada en el visor Miño-Sil. En web: <a href="http://siams.chminosil.es/visorg/">http://siams.chminosil.es/visorg/</a> .....	19
Figura 8. Estructuración de las zonas de un lago. ....	23
Figura 9. Esquema de la estratificación e inversión térmica de un lago. Fuente: <a href="https://pt.slideshare.net/pcastel30/unidad-6a-la-hidrosfera">https://pt.slideshare.net/pcastel30/unidad-6a-la-hidrosfera</a> .....	24
Figura 10. Proceso de eutrofización. Fuente: <a href="http://www.academia.edu/1439928/La_eutrofizaci%C3%B3n_de_los_lagos_y_sus_consecuencias.Ibarra_2008">http://www.academia.edu/1439928/La_eutrofizaci%C3%B3n_de_los_lagos_y_sus_consecuencias.Ibarra_2008</a> .....	25
Figura 11. Partes de un embalse. Fuente: <a href="http://slideplayer.es/slide/3908837/">http://slideplayer.es/slide/3908837/</a> .....	26
Figura 12. Situación de los puntos de muestreo. ....	28
Figura 13. Puntos de muestreo en el embalse de La Campañana.....	29
Figura 14. La Campañana antes y después de su vaciado.....	30
Figura 15. Punto de muestreo N° 1.....	30
Figura 16. Punto de muestreo N° 2.....	31
Figura 17. Punto de muestreo N° 3.....	32
Figura 18. Punto de muestreo N° 4.....	32
Figura 19. Punto de muestreo N° 5.....	33
Figura 20. Punto de muestreo N° 6.....	33
Figura 21. Punto de muestreo N° 7.....	34
Figura 22. Punto de muestreo N° 8.....	34
Figura 23. Punto de muestreo N° 9.....	35
Figura 24. Punto de muestreo N° 10.....	35
Figura 25. Punto de muestreo N° 11.....	36
Figura 26. Punto de muestreo N° 12.....	36
Figura 27. Punto de muestreo N° 13.....	37

Figura 28. Punto de muestreo N° 14.....	37
Figura 29. Punto de muestreo N° 15.....	38
Figura 30. Material utilizado en el trabajo de campo para el muestreo de macroinvertebrados. En la izquierda, se aprecia vadeador y red utilizada; en la derecha las bandejas y coladores. ....	39
Figura 31. Procedimiento para la obtención de macroinvertebrados en el Lago de Carucedo. .	40
Figura 32. Material utilizado en el trabajo de campo para el muestreo de <i>Procambarus clarkii</i> . En la izquierda, se aprecia el retel y cebo utilizado; en el centro bote con alguna de las muestras obtenidas; y en la derecha cinta métrica.....	41
Figura 33. Diagrama con la distribución de los reteles en cada punto de muestreo.....	42
Figura 34. Captura de ejemplares de <i>Procambarus clarkii</i> en retel. ....	42
Figura 35. Material de laboratorio para la identificación de macroinvertebrados.....	43
Figura 36. Puntuación IBMWP para macroinvertebrados acuáticos.....	45
Figura 37. De izquierda a derecha se muestran las familias Corixidae, Gerridae y Mesoveliidae. ....	50
Figura 38. A la izquierda se observan ninfas de la familia Caenidae, y en el centro y derecha, ninfas de la familia Baetidae. ....	51
Figura 39. De izquierda a derecha se muestran ninfas de las familias Aeshnidae, Coenagrionidae y Gomphidae. ....	51
Figura 40. De izquierda a derecha se observan larvas de las familias Chironomidae, Culicidae y Simuliidae. ....	52
Figura 41. En la izquierda se observa una larva de la familia Molannidae y a la derecha, una larva de la familia Philopotamidae.....	53
Figura 42. De izquierda a derecha se observan las familias Physidae, Planorbidae, Lymnaeidae y Hydrobiidae. Fuente: G. & Ph. Poppe (2015). ....	53
Figura 43. Familia Sphaeriidae, perteneciente al orden Veneroidea. Fuente: G. & Ph. Poppe (2015).....	54
Figura 44. Ejemplar de <i>Procambarus clarkii</i> .....	55
Figura 45. Morfología de un cangrejo de río. Fuente: <a href="https://infovisual.info/es/biologia-animal/cangrejo-de-rio">https://infovisual.info/es/biologia-animal/cangrejo-de-rio</a> . ....	56
Figura 46. Características diferenciadoras en el dimorfismo sexual de <i>Procambarus clarkii</i> . Fuente: <a href="http://www.planetainvertebrados.com.br/index.asp?pagina=especies_ver&amp;id_categoria=26&amp;id_subcategoria=22&amp;com=1&amp;id=77&amp;local=2">http://www.planetainvertebrados.com.br/index.asp?pagina=especies_ver&amp;id_categoria=26&amp;id_subcategoria=22&amp;com=1&amp;id=77&amp;local=2</a> .....	57
Figura 47. Arriba se observa una hembra de <i>P. clarkii</i> con huevos y abajo la evolución de los distintos estadios. ....	58
Figura 48. Área de distribución en Europa de <i>Procambarus clarkii</i> . Fuente: <a href="https://sites.google.com/site/cangrejorojoamericano/">https://sites.google.com/site/cangrejorojoamericano/</a> .....	59
Figura 49. Test Hagen para la obtención de pH. ....	80

DOCUMENTO 1

MEMORIA

# 1. INTRODUCCIÓN

El cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) es una especie exótica invasora según consta en el Real Decreto 630/2013, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

La introducción de esta especie en España por primera vez fue en las marismas del río Guadalquivir (Sevilla), en 1974 con fines comerciales. Posteriormente se introdujo en el resto de la Península para su producción, comercio y consumo, fue a partir de entonces cuando comenzó su expansión por los cursos fluviales.

Esta especie no solo tiene una gran capacidad invasora, sino que también es portadora de la afanomicosis, una enfermedad infecciosa causada por el hongo *Aphanomyces astaci* la cual es letal para para el cangrejo de río autóctono, pero no para el cangrejo rojo americano. Esto ha llevado a una reducción drástica del cangrejo autóctono, presente en los tramos más altos de muchas cuencas.

No solo perjudica a otros cangrejos de río, sino que también influye negativamente sobre otras especies, tanto directa como indirectamente afectando a sus cadenas tróficas tal como mencionan González-González y Cobo-Gradín (2006).

Una de las zonas de estudio, el Lago de Carucedo, reconocido como Zona húmeda según el Catálogo de Zonas Húmedas de Castilla y León, abarcaba años atrás gran diversidad de aves, anfibios y peces entre los que cabe resaltar la *Anguila anguila* (anguila), de gran interés para los pobladores del municipio de Carucedo; diversidad que se ha visto reducida o extinguida no solo por la introducción de este cangrejo, sino también por otras especies exóticas invasoras como *Trachemys scripta* (tortuga de florida), *Cyprinus carpio* (carpa), *Gambusia holbrooki* (gambusia) y *Micropterus salmoides* (perca americana). Y la otra, el embalse de La Campañana, ha sufrido también una pérdida de la diversidad por la introducción de estas especies exóticas invasoras, y por suponer una barrera para la migración de los peces.

Además de la introducción de estas especies invasoras, el embalse de La Campañana y su aprovechamiento energético, junto con la presencia de otras infraestructuras hidráulicas, han contribuido a la extinción de algunas especies en el Lago por imposibilitar la migración natural de las mismas.

Por otro lado, también hay que destacar el interés que tiene este tipo de estudios para la gestión del medio natural en la zona, ya que actualmente la Junta de Castilla y León y la Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León, en el marco de las normas de Conservación del Monumento Natural y el Programa de Mejora del Estado Ecológico del Lago de Carucedo promueven actuaciones para la eliminación de fauna exótica como el galápago de Florida o el cangrejo rojo americano, el manejo de vegetación para potenciar la expansión de hábitats favorables a las aves insectívoras palustres y una mejora de la calidad de las aguas potenciando sistemas de tratamiento de filtro verde.

## 1.1 Justificación

El *P. clarkii* es una especie exótica invasora que en los últimos años ha desplazado o reducido las poblaciones de cangrejos de río autóctonos europeos como son el cangrejo europeo o de patas blancas (*Austropotamobius pallipes*) y el cangrejo autóctono o noble (*Astacus astacus*), por la transmisión de la afanomicosis. No solo ha causado problemas a los cangrejos de río, también influye negativamente en las cadenas tróficas de otras especies e incluso ha acabado con poblaciones de anfibios debido a la predación que existe sobre sus huevos y larvas. Al ser una especie poco exigente, ya que vive en cualquier tipo de condiciones, facilita su expansión por el territorio.

Por otro lado, el entorno del municipio de Carucedo, en concreto el Lago de Carucedo, está considerado una zona húmeda según el Catálogo de zonas húmedas de Castilla y León. Es la única con este reconocimiento en el Bierzo, por lo que es un bien interesante que debería conservarse, no solo por lo que implica tener esta categoría, sino porque también es lugar de ocio, recreo, turismo, pesca y otras muchas actividades.

La variación en los factores ambientales bióticos y abióticos induce respuestas en los animales a múltiples niveles: molecular, celular, organismo y poblaciones. Por estos motivos resulta interesante realizar un estudio sobre los parámetros ambientales que afectan a la distribución poblacional de *P. clarkii* en las aguas de Lago de Carucedo y el embalse de La Campañana, el cual es uno de los principales aportes de agua para el Lago.

## 1.2 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es determinar cómo afectan algunos parámetros ambientales en la distribución de la población de *P. clarkii* en las aguas del Lago de Carucedo y del embalse de La Campañana, con el fin de conseguir información útil para la gestión de las poblaciones de esta especie exótica.

Los puntos básicos para alcanzar este objetivo son:

1. Conocer los macroinvertebrados para calcular la calidad biológica de las masas de agua.
2. Determinar de forma especial la presencia de *P. clarkii* en la zona de estudio.
3. Valorar los parámetros que más influyen en su distribución.

## 2. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este apartado se lleva a cabo la localización y la caracterización del medio natural, cuenca hidrográfica y del ecosistema fluvial de la zona estudiada.

### 2.1. Localización

Como se puede apreciar en la Figura 1, la masa de agua objeto de estudio se encuentra dividida en dos partes, el Lago de Carucedo y el embalse de La Campaniana. Ambos situados en el municipio de Carucedo (León).



Figura 1. Localización del área de estudio dentro de España. Fuente: <http://www.ign.es/iberpix2/visor/>

Su localización topográfica se compone de las Hojas 158-III de Ponferrada y 191-I de O Barco, del MTN (Mapa Topográfico Nacional) a escala 1:25.000 del Instituto Nacional Geográfico (I.G.N.).

En la Tabla 1 se muestran las coordenadas tanto geográficas, como U.T.M. de los límites superiores e inferiores de la zona estudiada.

Tabla 1. Coordenadas de los límites de la zona de estudio.

Coordenadas		Límites Superiores		Límites Inferiores	
		Noroeste	Noreste	Suroeste	Sureste
<b>Geográficas</b> <b>Datum: ETRS 89</b>	Latitud	42° 30' 35"	42° 39' 20"	42° 29' 13"	42° 29' 14"
	Longitud	6° 46' 03"	6° 45' 11"	6° 47' 06"	6° 46' 31"
<b>U.T.M.</b> <b>Huso 29</b>	X	683416	684614	682051	682847
	Y	4708793	4708346	4706197	4706274

En la Figura 2 se muestra el embalse de La Campañana o también llamado Salto de Cornatel, se encuentra situado en el pueblo de La Campañana (Carucedo). Posee una superficie de 107,0 ha y una capacidad de 14 hm<sup>3</sup>.



**Figura 2. Embalse de La Campañana.**

El Lago de Carucedo se sitúa entre los pueblos de Carucedo y de Lago de Carucedo. Se encuentra dividido en dos masas de agua una más desarrollada que otra, consideradas en el municipio como lago grande o lago de abajo, el cual es el más frecuentado para actividades de ocio, sobretodo en la estación de verano y el lago pequeño o lago de arriba. Ambos lagos se encuentran separados por un dique calizo, pero suelen unirse en épocas de lluvia abundante. En el caso de este estudio, se encontraban unidos por un pequeño curso de agua, al que se denomina “Zona media entre lagos”.

En su conjunto abarcan un superficie aproximada de 50 ha, un perímetro aproximado de 6 km y posee una profundidad media de 4 m y máxima de 9 m.

- Lago grande, actualmente abarca una superficie media de 38 ha.
- Lago pequeño, actualmente abarca una superficie media de 7 ha.
- Zona media entre lagos se considera a un pequeño arroyo de aproximadamente 120 m que une ambas masas.

En la Figura 3, se observa el Lago de Carucedo en su conjunto; al frente de la imagen se observa el Lago de arriba o lago pequeño y al fondo, se aprecia el Lago de abajo o lago grande.

Por otro lado, la Figura 4 muestra más detalladamente el Lago grande.



**Figura 3. Lago de Carucedo, concretamente Lago de arriba o Lago pequeño.**



**Figura 4. Lago de Carucedo, concretamente Lago de abajo o Lago grande.**

## 2.2. Caracterización del medio natural

Para la caracterización del medio natural, se realiza un breve estudio de los parámetros climáticos, edafológicos, flora, fauna, especies invasoras, espacios protegidos y disposiciones piscícolas.

### 2.2.1. Medio físico

En el medio físico se desarrollan los aspectos relacionados con el clima y el suelo.

#### Clima

El clima es uno de los parámetros más importantes que influyen en el estado del área de estudio ya que uno de los aportes, tanto del embalse como del lago, viene dado por las precipitaciones que se acumulan en dichas zonas. Los datos climáticos para la elaboración del estudio climático corresponden a la estación meteorológica de Ponferrada, por ser la estación más próxima al municipio de Carucedo. Esta se encuentra a 534 m de altitud y la zona de estudio se sitúa entre un rango de 485-520 m, con lo que se determina una altitud media de 500 m para el tratamiento de los datos.

En la Tabla 2 se muestra la información para la localización de la estación meteorológica del municipio de Ponferrada y en la Tabla 3, los datos meteorológicos de dicha estación.

Tabla 2. Localización y características de la estación meteorológica. Fuente de información: Aemet.

<b>Provincia</b>	<b>León</b>
<b>Municipio</b>	Ponferrada
<b>Localidad</b>	Ponferrada
<b>Periodo de datos</b>	1981-2010 (29 años)
<b>Altitud</b>	534 m
<b>Longitud</b>	6° 36' 0" W
<b>Latitud</b>	42° 33' 50" N

Tabla 3. Datos climáticos Estación de Ponferrada (1981-2010). Fuente de información: Aemet.

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD
<b>Enero</b>	4.9	8.7	1.1	67	82	8.8	1.6	0.1	5.6	12.9	5.6
<b>Febrero</b>	6.9	11.9	1.8	54	73	7.5	1.2	0.0	1.2	9.6	5.3
<b>Marzo</b>	10.0	15.9	4.0	46	65	7.7	0.4	0.2	0.4	4.1	7.0
<b>Abril</b>	11.6	17.6	5.7	50	64	9.1	0.3	0.4	0.2	1.0	4.6
<b>Mayo</b>	14.9	21.2	8.7	54	63	9.6	0.0	2.2	0.2	0.0	3.5
<b>Junio</b>	19.3	26.4	12.3	32	59	5.0	0.0	2.5	0.1	0.0	6.9
<b>Julio</b>	21.8	29.4	14.2	23	57	3.4	0.0	2.8	0.0	0.0	11.3
<b>Agosto</b>	21.4	29.0	13.8	25	57	3.7	0.0	2.5	0.0	0.0	10.7
<b>Septiembre</b>	18.2	24.9	11.5	49	63	5.9	0.0	1.5	0.4	0.0	8.9
<b>Octubre</b>	13.4	18.5	8.3	81	74	10.1	0.0	0.6	2.3	0.0	4.5
<b>Noviembre</b>	8.5	12.5	4.4	82	81	9.7	0.2	0.1	5.4	4.8	5.8
<b>Diciembre</b>	5.4	8.8	2.0	89	84	10.5	1.0	0.1	7.4	10.8	5.0

**Tabla 4. Leyenda de datos climáticos Estación de Ponferrada (1981-2010). Fuente de información: Aemet (Agencia Estatal de Meteorología).**

LEYENDA			
<b>T</b>	Temperatura media mensual/anual (°C)	<b>DR</b>	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
<b>TM</b>	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)	<b>DN</b>	Número medio mensual/anual de días de nieve
<b>Tm</b>	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)	<b>DT</b>	Número medio mensual/anual de días de tormenta
<b>TM´</b>	Temperatura máxima mensual /anual (°C)	<b>DF</b>	Número medio mensual/anual de días de niebla
<b>Tm´</b>	Temperatura mínima mensual /anual (°C)	<b>DH</b>	Número medio mensual/anual de días de helada
<b>R</b>	Precipitación mensual/anual media (mm)	<b>DD</b>	Número medio mensual/anual de días despejados
<b>H</b>	Humedad relativa media (%)		

En la Tabla 5 se muestran los datos meteorológicos adaptados a la diferencia de altitud entre la zona de estudio en Carucedo y la estación en Ponferrada, para ello se utilizan los siguientes gradientes:

- Reducción en  $-0,6^{\circ}\text{C}$  la temperatura cada 100 m ascendentes.
- Aumento en un 8% las precipitaciones cada 100 m ascendentes.

**Tabla 5. Datos meteorológicos adaptados a la zona de estudio**

Mes	T	TM	Tm	TM´	Tm´	R
<b>Enero</b>	5,1	8,9	1,3	15,2	-7,5	65,2
<b>Febrero</b>	7,1	12,1	2,0	18,1	-6,2	52,5
<b>Marzo</b>	10,2	16,1	4,2	24,2	-4,6	44,7
<b>Abril</b>	11,8	17,8	5,9	31,5	-1,1	48,6
<b>Mayo</b>	15,1	21,4	8,9	30,3	0,4	52,5
<b>Junio</b>	19,5	26,6	12,5	36,2	2,4	31,1
<b>Julio</b>	22,0	29,6	14,4	34,7	2,2	22,4
<b>Agosto</b>	21,6	29,2	14,0	36,3	4,8	24,3
<b>Septiembre</b>	18,4	25,1	11,7	33,3	0,7	47,7
<b>Octubre</b>	13,6	18,7	8,5	25,0	-0,6	78,8
<b>Noviembre</b>	8,7	12,7	4,6	19,1	-4,4	79,8
<b>Diciembre</b>	5,6	9,0	2,2	16,8	-6,9	86,6

A partir de los datos de la tabla 5, se obtiene el climodiagrama de la figura 5, en la cual se observa que la temperatura media anual es de  $13,2^{\circ}\text{C}$ , la precipitación media anual de  $633,9\text{ mm}$ , la temperatura media anual de las máximas de  $18,9^{\circ}\text{C}$  y la de las mínimas  $7,5^{\circ}\text{C}$ , la temperatura máxima absoluta es de  $36,3^{\circ}\text{C}$  y la mínima absoluta de  $-7,5^{\circ}\text{C}$ .

Otros resultados son la clasificación climática según Thornthwite en la Tabla 6, la cual nos permite saber el valor de la evapotranspiración potencial (ETP), y los distintos índices bioclimáticos propuestos por los autores mencionados en la Tabla 7.

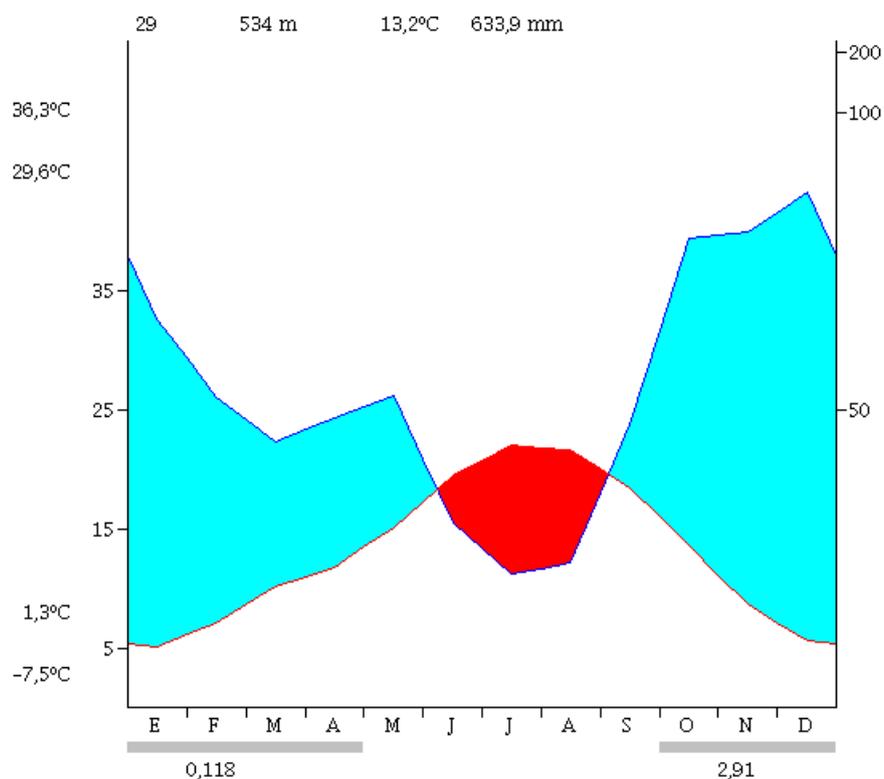


Figura 5. Climodiagrama de Walter-Lieth. Fuente: <http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php>

Tabla 6. Cálculo de ETP según la fórmula de Thornthwite. Fuente: <http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php>

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	Sep	oct	nov	dic
<b>T</b>	5.1	7.1	10.2	11.8	15.1	19.5	22.0	21.6	18.4	13.6	8.7	5.6
<b>ETP</b>	11.1	17.7	36.7	48.7	77.3	111.2	133.2	120.7	84.3	50.8	23.4	12.2
<b>Pe</b>	65.2	52.2	44.7	48.6	52.5	31.1	22.4	24.3	47.7	78.8	79.8	86.6
<b>R</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>ETR</b>	11.1	17.7	36.7	48.6	52.5	31.1	22.4	24.3	47.7	50.8	23.4	12.2
<b>S</b>	0.0	0.0	0.0	0.1	24.8	80.1	110.8	96.4	36.6	0.0	0.0	0.0
<b>D</b>	54.1	34.5	8.0	-0.1	-24.8	-80.1	-110.8	-96.4	-36.6	28.0	56.4	74.4

T - Temperatura media (°C)  
 ETR - Evapotranspiración real (mm)  
 ETP - Evapotranspiración potencial (mm)  
 S - Déficit de agua (mm)

Pe - Precipitación efectiva (mm)  
 D - Exceso de agua (mm)  
 R - Reserva de agua en el suelo (mm)

Tabla 7. Índices bioclimáticos. Fuente: <http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php>

<b>Índice de Lang</b>	47.9	Zona húmeda de estepa y sábana
<b>Índice de aridez de Martonne</b>	27.3	Clima subhúmedo
<b>Índice de Dantín-Revenga</b>	2.1	Zona semiárida
<b>Índice de Vernet</b>	-7.4	Clima mediterráneo

La información proporcionada por estos índices, permite decir que el aporte hídrico de las precipitaciones a las masas de agua no es elevado, con lo que el nivel del lago y el embalse se debe a la aportación de agua de otros cursos fluviales.

Además de los índices anteriores, según el Instituto Tecnológico Geominero de España, el área de estudio se encuentra en la región mediterránea con un ombrotipo subhúmedo inferior (con una precipitación media entre 601-735 mm), que contrasta con el dato de precipitaciones medias anuales (633mm) de la zona de estudio, que se puede ver en la Figura 5.

### **Suelo**

Debido a la proximidad de ambas zonas de estudio, las diferencias edafológicas son escasas, por ello se tratará como una única zona, resaltando las diferencias significativas.

Según la información recopilada en el Atlas de León, el relieve de la zona es aluvial, en materiales terciarios y mesozoicos. La zona de Carucedo está formada principalmente por arcillas y limos de inundación sobre arenas y conglomerados fluviales, mientras que la de Campañana, por arcillas con margas y conglomerados.

En cuanto a la litología, según el Instituto Tecnológico y Geominero de España, la zona se encuentra en la categoría de arenas-areniscas, siendo en concreto: arenas, areniscas, arcillas y gravas. Geológicamente corresponde al periodo del Terciario, Neógeno, concretamente Plioceno.

El tipo de suelo en ambas zonas es un cambisol, es decir, un suelo relativamente joven con un perfil de desarrollo moderado formado por arenas muy homogéneas. Este tipo de categoría de suelo viene dada por la FAO (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), la cual define los cambisoles como “la combinación de suelos con formación de por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente, en los cuales la transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y decoloración principalmente parduzca, incremento en el porcentaje de arcilla, y/o remoción de carbonatos”. Sin embargo la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos (Soil Taxonomy USDA) clasifica a la mayoría de estos suelos como inceptisoles.

### **2.2.2. Flora y fauna**

En este apartado se incluye información sobre los aspectos relacionados a la flora y la fauna presentes en el área estudiada.

## Flora

Rivas Martínez (1987) elabora una clasificación bioclimática que relaciona las variables de precipitación, temperatura y vegetación. En función de esta clasificación, se puede situar la zona de estudio en la Región Mediterránea, Carpetano-Ibérico- Leonesa, sector Orensano-Sanabriense, subsector Berciano. En cuanto al piso bioclimático es supramediterráneo-subhúmedo.

El área de estudio corresponde según la geoserie edafohigrófila redactada por Penas Merino et al. (1990) a una región supramediterránea carpetana occidental y orensano-sanabriense de alisedas (*Galio broteriani-Alneto glutinosae sigmetum*), saucedas de *Salix neotricha* y *Populus nigra* (*Populo nigrae-Saliceto neotrichae sigmetum*) y saucedas arbustivas de *Salix salvifolia* (*Saliceto lambertiano-salvifolia sigmetum*).

Las unidades fisionómicas de vegetación definidas por Penas Merino, et al. (1990) corresponden a brezales, los cuales son matorrales en los que las especies arbustivas dominantes son brezos o urces. Representan la fase más degradada de los bosques caducifolios sobre sustrato silíceo. Las especies más frecuentes en las zonas situadas próximas a caminos y carreteras son: *Erica umbellata*, *Calluna vulgaris*, *Erica australis*, *Erica cinérea*, *Genistella tridentata*, y *Halimium alisoides*, entre otras.

En los alrededores área estudiada se encuentran arbustos del género *Crataegus*, *Rosa*, *Rubus* y *Salix*, estos últimos presentes en todo el borde del Lago de Carucedo; y *Populus*, presente en la mayor parte borde del embalse de La Campaniana.

En la zona del borde de las masas acuáticas destaca la presencia de especies heliófilas del género *Carex*, *Scirpus*, *Juncus* y *Typha*.

En la Tabla 8 se realiza un inventario de la flora que se ha podido identificar en las proximidades de la masa de agua.

**Tabla 8. Inventario de la vegetación.**

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Plátano
Anacardiaceae	<i>Pistacea terebinthus</i>	Cornicabra
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	Hiedra
Asparagaceae	<i>Ruscus aculeatus</i>	Rusco
Betulaceae	<i>Alnus glutinosa</i>	Aliso
Caryophyllaceae	<i>Petrocoptis grandiflora</i>	Petrocoptis
Cistaceae	<i>Cistus ladanifer</i>	Jara pringosa
	<i>Halimium alisoides</i>	Halimium
Cyperaceae	<i>Carex</i> sp	Carrizo
	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Junco de laguna

La tabla sigue a continuación.

Ericaceae	<i>Erica australis</i>	Brezo
	<i>Erica umbellata</i>	Quiruela
	<i>Calluna vulgaris</i>	Calluna
	<i>Erica cinérea</i>	Brezo ceniciento
	<i>Arbutus unedo</i>	Madroño
Fabaceae	<i>Genistella tridentata</i>	Carqueixa
	<i>Adenocarpus complicatus</i>	Piorno
	<i>Cytisus multiflorus</i>	Escoba blanca
	<i>Cytisus scoparius</i>	Retama
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Falsa acacia
	<i>Trifolium pratense</i>	Trébol violeta
	<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco
	<i>Vicia sativa</i>	Alverja
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i>	Castaño
	<i>Quercus pyrenaica</i>	Melojo
	<i>Quercus suber</i>	Alcornoque
	<i>Quercus ilex</i>	Encina
Ficaceae	<i>Ficus carica</i>	Higuera
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i>	Nogal
Juncaceae	<i>Juncus</i> sp	Junco de laguna
Oleaceae	<i>Fraxinus excelsior</i>	Fresno
	<i>Olea europaea</i>	Acebuché
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i>	Amapola
Pinaceae	<i>Pinus sylvestris</i>	Pino silvestre
	<i>Pinus pinaster</i>	Pino marítimo
Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Dáctilo
	<i>Festuca elegans</i>	Cañuela
	<i>Bromus sterilis</i>	Espigajo
Rosaceae	<i>Rosa canina</i>	Rosa silvestre
	<i>Prunus avium</i>	Cerezo
	<i>Crataegus monogyna</i>	Espino albar
	<i>Prunus luistanica</i>	Laurel portugués
	<i>Malus domestica</i>	Manzano
	<i>Rubus fruticosus</i>	Zarza
Salicaceae	<i>Populus nigra</i>	Álamo negro
	<i>Populus alba</i>	Álamo blanco
	<i>Populus x canadensis</i>	Chopo
	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón
	<i>Salix atrocinerea</i>	Sauce cenizo
	<i>Salix alba</i>	Salguera
Simaroubaceae	<i>Ailanthus altissima</i>	Árbol del cielo
Typhaceae	<i>Typha latifolia</i>	Espadaña
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i>	Ortiga

## Fauna

En este apartado se trata la fauna más representativa tanto de la masa de agua como de las zonas aledañas. Aunque hay diversos invertebrados, desde moluscos, anélidos, arácnidos, miriápodos, insectos, etc, son los macroinvertebrados que viven en el fondo a los que se les dedica una atención especial porque son la base para determinar la calidad biológica del agua.

Además, en la zona existen diversos vertebrados, de los cuales se tiene constancia los que aparecen en la Tabla 9. En dicha tabla también se agregara la categoría de clasificación, la cual viene dada en función del grado de amenaza de la especie según el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.

En cuanto a las especies presentes en las masas de agua estudiadas, se pueden diferenciar las presentes en la clase Actinopterygii, aunque actualmente solo se tiene constancia de *Cyprinus carpio* (carpa), *Gambusia holbrooki* (gambusia), *Micropterus salmoides* (black bass), todas ellas consideradas exóticas invasoras. Además de estas, hay presencia de otras especies de la clase Aves, las cuales tiene un reconocimiento especial por encontrarse en un espacio protegido con la categoría ZEPA. Como se trata de casos especiales, estos aspectos se tratan en el apartado **2.2.3. Regulaciones especiales** en el que se incluye un listado con las principales aves presentes en el Lago de Carucedo y el embalse de La Campañana y otro, con las principales especies exóticas invasoras.

**Tabla 9. Inventario faunístico.**

<b>Clase Actinopterygii</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Clasificación</b>
Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	Perca americana	N/A
Cyprinidae	<i>Achondrostoma arcasii</i>	Bermejuela	VULNERABLE
	<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	Boga del Duero	N/A
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	N/A
Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambusia	N/A
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Trucha	VULNERABLE
<b>Clase Amphibia</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Clasificación</b>
Ranidae	<i>Pelophylax perezi</i>	Rana común	N/A
	<i>Hyla arborea</i>	Ranita de San Antonio	N/A
Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i>	Salamandra común	N/A
	<i>Chioglossa lusitanica</i>	Salamandra rabilarga	VULNERABLE
	<i>Lissotriton boscai</i>	Tritón ibérico	N/A
	<i>Triturus marmoratus</i>	Tritón jaspeado	N/A
	<i>Lissotriton helveticus</i>	Tritón palmeado	N/A

La tabla sigue a continuación.

Clase Aves			
Familia	Nombre científico	Nombre común	Clasificación
Accipitridae	<i>Accipiter nisus</i>	Gavilán común	N/A
	<i>Circus cyaneus</i>	Gavilán rastrero	N/A
	<i>Circaetus gallicus</i>	Águila culebrera	N/A
	<i>Aquila chrysaetos</i>	Águila real	N/A
	<i>Hieraetus pennatus</i>	Águililla calzada	N/A
	<i>Circus pygargus</i>	Aguilucho cenizo	VULNERABLE
	<i>Accipiter gentilis</i>	Azor común	N/A
	<i>Milvus migrans</i>	Milano negro	N/A
	<i>Buteo buteo</i>	Ratonero común	N/A
Acrocephalidae	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	Carricero tordal	N/A
	<i>Hippolais polyglotta</i>	Zarcero común	N/A
Alaudidae	<i>Alondra común</i>	Alauda arvensis	N/A
	<i>Alondra totovía</i>	Lullula arborea	N/A
	<i>Calandrella brachydactyla</i>	Terrera común	N/A
Anatidae	<i>Anas platyrhynchos</i>	Ánade real	N/A
	<i>Aythya ferina</i>	Porrón común	N/A
	<i>Aythya fuligula</i>	Porrón moñudo	N/A
Apodidae	<i>Apus apus</i>	Vencejo común	N/A
	<i>Apus melba</i>	Vencejo real	N/A
Ardeidae	<i>Ixobrychus minutus</i>	Avetorrillo común	N/A
	<i>Ardea cinerea</i>	Garza real	VULNERABLE
Caprimulgidae	<i>Caprimulgus europaeus</i>	Chotacabras gris	N/A
Certhiidae	<i>Certhia brachydactyla</i>	Agateador común	N/A
Ciconiidae	<i>Ciconia ciconia</i>	Cigüeña blanca	N/A
Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	N/A
	<i>Columba palumbus</i>	Paloma torcaz	N/A
	<i>Columba oenas</i>	Paloma zurita	N/A
	<i>Streptopelia turtur</i>	Tórtola europea	VULNERABLE
Corvidae	<i>Garrulus glandarius</i>	Arrendajo	N/A
	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	Chova piquirroja	N/A
	<i>Corvus corone</i>	Corneja negra	N/A
	<i>Corvus corax</i>	Cuervo	N/A
	<i>Corvus monedula</i>	Grajilla occidental	N/A
	<i>Pica pica</i>	Urraca	N/A
Cuculidae	<i>Cuculus canorus</i>	Cuco común	N/A
Emberizidae	<i>Emberiza calandra</i>	Triguero	N/A
Falconidae	<i>Falco subbuteo</i>	Alcotán europeo	N/A
	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón pelegrino	VULNERABLE
	<i>Falco tinnunculus</i>	Cernícalo vulgar	N/A

La tabla sigue a continuación.

Fringillidae	<i>Emberiza cia</i>	Escribano montesino	N/A
	<i>Emberiza cirulus</i>	Escribano soteño	N/A
	<i>Carduelis cannabina</i>	Pardillo común	N/A
	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Camachuelo común	N/A
	<i>Carduelis carduelis</i>	Jilguero	N/A
	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Picogordo	N/A
	<i>Fringilla coelebs</i>	Pinzón vulgar	N/A
	<i>Serinus serinus</i>	Verdecillo	N/A
	<i>Carduelis chloris</i>	Verderón común	N/A
Hirundinidae	<i>Delichon urbicum</i>	Avión común	N/A
	<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	Avión roquero	N/A
	<i>Riparia riparia</i>	Avión zapador	N/A
	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina común	N/A
	<i>Cecropis daurica</i>	Golondrina dáurica	N/A
Laniidae	<i>Lanius senator</i>	Alcaudón común	N/A
	<i>Lanius collurio</i>	Alcaudón dorsirrojo	N/A
	<i>Lanius excubitor</i>	Alcaudón real	N/A
Meropidae	<i>Merops apiaster</i>	Abejaruco europeo	N/A
Motacillidae	<i>Anthus campestris</i>	Bisbita campestre	N/A
	<i>Anthus trivialis</i>	Bisbita arbóreo	N/A
	<i>Motacilla alba</i>	Lavandera blanca	VULNERABLE
	<i>Motacilla cinerea</i>	Lavandera cascadeña	N/A
Muscicapidae	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Ruiseñor común	N/A
	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Colirrojo tizón	N/A
	<i>Muscicapa striata</i>	Papamoscas gris	N/A
	<i>Erithacus rubecula</i>	Petirrojo europeo	N/A
	<i>Saxicola torquatus</i>	Tarabilla común	N/A
Oriolidae	<i>Oriolus oriolus</i>	Oropéndola europea	N/A
Paridae	<i>Parus major</i>	Carbonero común	N/A
	<i>Parus ater</i>	Carbonero garrapinos	N/A
	<i>Parus cristatus</i>	Herrerillo capuchino	N/A
	<i>Parus caeruleus</i>	Herrerillo común	N/A
Passeridae	<i>Petronia petronia</i>	Gorrión chillón	N/A
	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión común	N/A
	<i>Passer montanus</i>	Gorrión molinero	N/A
Phasianidae	<i>Alectoris rufa</i>	Perdiz roja	N/A
	<i>Coturnix coturnix</i>	Codorniz común	N/A
Phylloscopidae	<i>Phylloscopus bonelli</i>	Mosquitero papialbo	N/A
	<i>Phylloscopus ibericus</i>	Mosquitero ibérico	N/A
Picidae	<i>Dendrocopos minor</i>	Pico menor	N/A
	<i>Dendrocopos major</i>	Pico picapinos	N/A
	<i>Picus viridis</i>	Pito real	VULNERABLE
	<i>Jynx torquilla</i>	Torcecuello	N/A

La tabla sigue a continuación.

Podicipedidae	<i>Podiceps cristatus</i>	Somormujo lavanco	N/A
	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Zampullín común	N/A
	<i>Podiceps nigricollis</i>	Zampullín cuellinegro	N/A
Prunellidae	<i>Prunella modularis</i>	Acentor común	N/A
Rallidae	<i>Rallus aquaticus</i>	Rascón común	N/A
	<i>Fulica atra</i>	Focha común	N/A
	<i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta común	N/A
Regulidae	<i>Regulus ignicapilla</i>	Reyezuelo listado	N/A
Sittidae	<i>Sitta europaea</i>	Trepador azul	N/A
Strigidae	<i>Bubo bubo</i>	Búho real	N/A
	<i>Otus scops</i>	Autillo europeo	N/A
	<i>Strix aluco</i>	Cárabo común	N/A
	<i>Tyto alba</i>	Lechuza común	N/A
Sturnidae	<i>Sturnus unicolor</i>	Estornino negro	N/A
Sylviidae	<i>Cisticola juncidis</i>	Buitrón	N/A
	<i>Sylvia melanocephala</i>	Curruca cabecinegra	N/A
	<i>Sylvia atricapilla</i>	Curruca capirotada	N/A
	<i>Sylvia cantillans</i>	Curruca carrasqueña	N/A
	<i>Sylvia borin</i>	Curruca mosquitera	N/A
	<i>Sylvia undata</i>	Curruca rabilarga	N/A
	<i>Sylvia communis</i>	Curruca zarcera	N/A
	<i>Sylvia hortensis</i>	Curruca mirlona	N/A
Troglodytidae	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Chochín	N/A
Turdidae	<i>Oenanthe oenanthe</i>	Collalba gris	N/A
	<i>Oenanthe hispanica</i>	Collalba rubia	N/A
	<i>Turdus viscivorus</i>	Zorzal charlo	N/A
	<i>Turdus philomelos</i>	Zorzal común	N/A
	<i>Turdus merula</i>	Mirlo común	N/A
	<i>Monticola solitarius</i>	Roquero solitario	N/A
Upupidae	<i>Upupa epops</i>	Abubilla	N/A
<b>Clase Mammalia</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Clasificación</b>
Canidae	<i>Vulpes vulpes</i>	Zorro	N/A
	<i>Canis lupus</i>	Lobo	VULNERABLE
Cervidae	<i>Capreolus capreolus</i>	Corzo	N/A
Cricetidae	<i>Arvicola sapidus</i>	Rata de agua	N/A
	<i>Microtus agrestis</i>	Topillo agreste	N/A
	<i>Microtus lusitanicus</i>	Topillo lusitano	N/A
Felidae	<i>Felis silvestris</i>	Gato montés	N/A
Leporidae	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo común	N/A
Molossidae	<i>Tadarida teniotis</i>	Murciélago rabudo	N/A
Muridae	<i>Apodemus sylvaticus</i>	Ratón de campo	N/A

La tabla sigue a continuación.

Mustelidae	<i>Martes foina</i>	Garduña	N/A
	<i>Lutra lutra</i>	Nutria europea	VULNERABLE
	<i>Meles meles</i>	Tejón común	N/A
Rhinolophidae	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Murciélago de herradura	N/A
Soricidae	<i>Crocidura russula</i>	Musaraña gris	N/A
	<i>Sorex coronatus</i>	Musaraña tricolor	N/A
Suidae	<i>Sus scrofa</i>	Jabalí	N/A
Vespertilionidae	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Murciélago común	N/A
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Murciélago de cueva	VULNERABLE
<b>Clase Reptilia</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Clasificación</b>
Colubridae	<i>Malpolon monspessulanus</i>	Culebra bastarda	N/A
	<i>Rhinechis scalaris</i>	Culebra de escalera	N/A
Emydidae	<i>Emys orbicularis</i>	Galápago europeo	N/A
	<i>Trachemys scripta</i>	Tortuga de florida	N/A
Geoemydidae	<i>Mauremys leprosa</i>	Galápago leproso	N/A
Lacertidae	<i>Psammodromus hispanicus</i>	Lagartija cenicienta	N/A
	<i>Psammodromus algirus</i>	Lagartija colilarga	N/A
	<i>Podarcis hispanica</i>	Lagartija ibérica	N/A
	<i>Lacerta lepida</i>	Lagarto ocelado	N/A
	<i>Timon lepidus</i>	Lagarto ocelado	N/A

### 2.2.3. Regulaciones especiales

En este apartado se tratan especies o zonas que tienen una regulación especial bien sea por su interés o impacto.

#### Especies invasoras

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, define una EEI como “aquella que se introduce o establece en un ecosistema o hábitat natural o seminatural y que es un agente de cambio y amenaza para la diversidad biológica nativa, ya sea por su comportamiento invasor, o por el riesgo de contaminación genética”.

Esta misma ley, en su artículo 61.1, sitúa el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, en el que se han de incluir todas aquellas especies y subespecies exóticas invasoras que constituyan, de hecho, o puedan llegar a constituir una amenaza grave para las especies autóctonas, los hábitats o los ecosistemas, la agronomía, o para los recursos económicos asociados al uso del patrimonio natural.

Con la aprobación del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras se refuerza la protección del medio natural y la biodiversidad en España.

En la el área estudiada, la mayoría de las especies piscícolas están catalogadas como especies exóticas invasoras según el catálogo anteriormente citado y según la Normativa Anual de Pesca para la temporada 2017 de la Junta de Castilla y León presente en la Orden FYM/1079/2016, de 19 de diciembre incluida en el Decreto 33/2017, de 9 de noviembre. Las especies son: *Gambusia holbrooki* (gambusia), *Cyprinus carpio* (carpa) y *Micropterus salmoides* (black bass o perca americana) y la especie objeto de este estudio *Procambarus clarkii* (cangrejo rojo americano).

Además de las especies piscícolas, también se encuentra en la zona otra especie exótica invasora catalogada, *Trachemys scripta* (la tortuga de florida).

Respecto a la flora invasora próximas a la zona de estudio, según el Catálogo de plantas alóctonas en la provincia de León elaborado por Acedo y Llamas (2007), se encuentran: *Amaranthus retroflexus* (abrebujó), *Aster squamatus* (matacavero), *Xanthium strumarium* (bardana), *Trifolium incarnatum* (trébol encarnado), *Echinochloa colonum* (arrocillo), *Eragrostis pilosa* (panicella pelosa), *Paspalum paspalodes* y *Veronica pèrsica* (verónica).

#### LIC y ZEPA

Se hace una pequeña mención a este apartado debido a que el municipio de Carucedo cuenta con varios espacios protegidos como los LIC (Lugares de Importancia Comunitaria) y ZEPA's (Zonas de Especial Protección para las Aves), ambos pertenecientes a la Red Natura 2000 de la Directiva 79/406/CEE. En la zona de estudio, concretamente la situada en el Lago de Carucedo, tiene especial relevancia las ZEPA's por ser un lago frecuentado por gran variedad de aves.

PROVINCIA	CODIGO	MUNICIPIO	FIGURA NATURA 2000	CODIGO_UE	NOMBRE DEL LUGAR	AREA LUGAR (ha)	SUPERFICIE DEL LUGAR EN EL MUNICIPIO (ha)	% A	% B
LEÓN	24040	Carrocera	LIC	ES4130050	Montaña Central de León	34.351,90	1.796,54	27	5,2
LEÓN	24041	Carucedo	ZEPA	ES4130022	Montes Aquilanos	33.280,22	1.486,47	42	4,5
LEÓN	24041	Carucedo	LIC	ES4130117	Montes Aquilanos y Sierra de Teleno	31.619,52	1.518,77	43	4,8
LEÓN	24041	Carucedo	LIC	ES4130076	Riberas del Río Sil y afluentes	313,39	30,34	1	9,7
LEÓN	24041	Carucedo	LIC	ES4130038	Sierra de la Encina de la Lastra	289,44	33,83	1	11,7
LEÓN	24042	Castilfalé	ZEPA	ES0000194	Oteros-Campos	31.685,33	2.590,33	100	8,2

**Figura 6. LIC y ZEPA en el municipio de Carucedo. Fuente:**  
[http://rednatura.icvl.es/natura2000/BASE%20DATOS/municipios%20en%20lic%20v%20zepa\\_imprimir.pdf](http://rednatura.icvl.es/natura2000/BASE%20DATOS/municipios%20en%20lic%20v%20zepa_imprimir.pdf)

Las aves habituales en el entorno del Lago de Carucedo son: el porrón común (*Aythya ferina*), porrón moñudo (*Aythya fuligula*), somormujo lavanco (*Podiceps cristatus*), zampullín común (*Tachybaptus ruficollis*), zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*), anade azulón (*Anas platyrhynchos*), cerceta común (*Anas crecca*), garza real (*Ardea cinerea*), gallineta (*Gallinula chloropus*) y rascón (*Rallus aquaticus*) entre otras especies.

### **Disposiciones piscícolas**

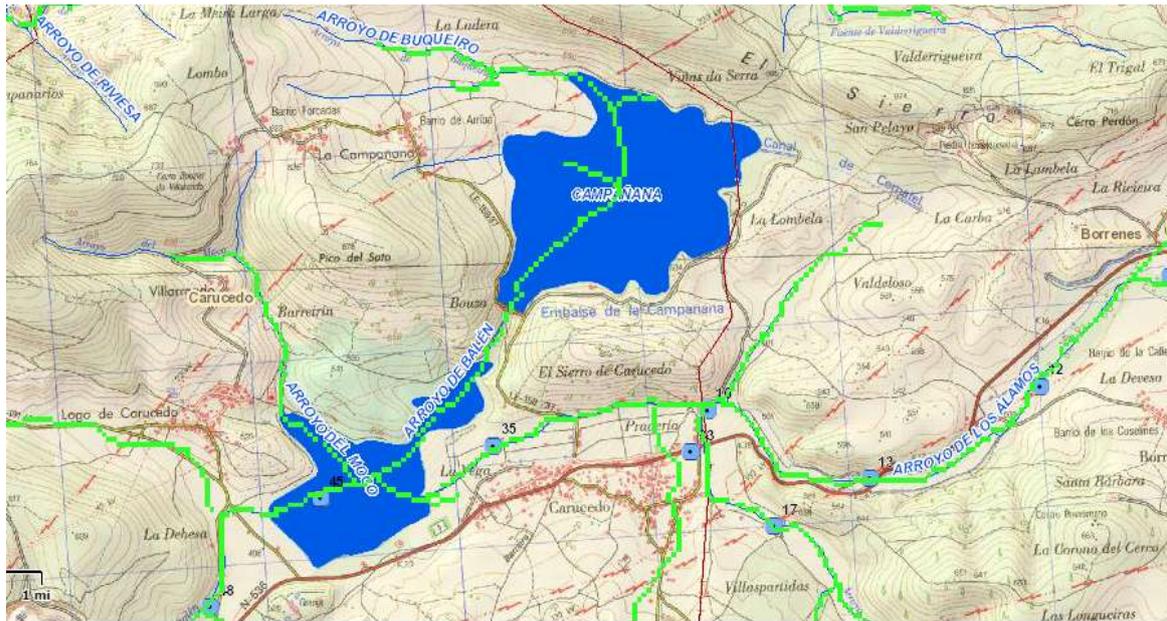
Según la Orden FYM/1079/2016, Anexo III “DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA LA PESCA EN LA PROVINCIA DE LEÓN”, en los apartados 7 “Otras masas de agua en régimen especial” y 9 “Zonas Húmedas Catalogadas de interés especial vedadas total o parcialmente a la pesca”, se incluye la siguiente normativa para la zona de estudio:

- En el embalse de La Campañana, según el apartado 7, se autoriza la pesca con caña durante todo el año, debiendo devolver a las aguas los salmónidos que se capturen en las épocas no hábiles de pesca de dichas especies, en las siguientes masas de agua.
- En el Lago de Carucedo, según el apartado 9, Se autoriza la pesca, debiendo devolver a las aguas los salmónidos que se capturen en las épocas no hábiles de pesca de dichas especies, entre el 1 de enero y 31 de marzo, y entre el 1 de julio y el 31 de diciembre en toda su extensión. Queda prohibida, por tanto, la pesca entre el 1 de abril y el 30 de junio, ambos inclusive, como medida de protección para las especies de aves nidificantes en la Zona Húmeda Catalogada y en los tramos vedados por ser de interés especial para la avifauna, situados al noreste, suroeste y noroeste del lago.

## 2.3. Caracterización de la cuenca hidrográfica

### Definición de la cuenca

La zona de estudio se encuentra formada por dos grandes masas de agua, que son La Campañana y Lago de Carucedo. Ambas masas se encuentran reguladas por la Confederación Hidrográfica Miño-Sil. Teniendo en cuenta esto, se delimita la cuenca hidrográfica con la ayuda del visor SIAMS de la Conferencia Hidrográfica Miño-Sil como se refleja en la Figura 7. Para una apreciación más detallada de la cuenca hidrográfica, se puede observar el plano 2 incluido en el **Documento 2: Planos**.



**Figura 7. Cuenca de la zona de estudio observada en el visor Miño-Sil. En web: <http://siams.chminosil.es/visorg/>**

Los principales sistemas fluviales englobados en la cuenca delimitada son los que se citan a continuación:

- Aportaciones al embalse de La Campañana: Canal de Cornatel, Arroyo de Buqueiro y Arroyo de Balen (el cual también actúa como salida).
- Aportaciones al Lago de Carucedo: el embalse de La Campañana, Arroyo de Balen, Arroyo del Moco y Arroyo de los Álamos.

El cauce principal lo aporta el Arroyo de los Álamos, con una longitud de 11 km y un valor de su cuenca vertiente de 37,63 km<sup>2</sup> hasta alcanzar el Lago de Carucedo.

En su conjunto, la cuenca abarca una superficie de 42,63 km<sup>2</sup>, y posee un perímetro de 30,82 km.

### 2.3.1. Parámetros de forma

#### Índice de compacidad

También denominado coeficiente de Gravelius, proporciona de forma orientativa la forma de la cuenca. Se calcula mediante la siguiente fórmula, que relaciona el perímetro y la superficie de la misma.

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

- Kc: Coeficiente de Gravelius o Índice de compacidad.
- P: Perímetro de la cuenca en (m).
- A: Área de la cuenca en (m<sup>2</sup>).

Sustituyendo en la fórmula los datos de perímetro = 30820 m y área = 42630000 m<sup>2</sup>, se obtiene el valor de Kc = 1,32. Con este resultado y observando la Tabla 10, en la que se muestra la clasificación del Índice de Compacidad, se puede decir que la Cuenca es Oval oblonga.

**Tabla 10. Clasificación del Índice de Compacidad o Gravelius. Fuente:**  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222015000400002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000400002)

Formas de sistemas hidrológicos con base en el coeficiente de Gravelius		
Clase de geometría	Rango de clase	Forma de cuenca
K <sub>ci</sub>	1 < K <sub>c</sub> ≤ 1.25	Oval redonda
K <sub>ca</sub>	1.25 < K <sub>c</sub> ≤ 1.50	Oval oblonga
K <sub>ca</sub>	1.50 < K <sub>c</sub> ≤ 1.75	Oblonga alargada

#### Rectángulo equivalente

El rectángulo equivalente es una transformación que permite representar la cuenca con la forma de su rectángulo de mismo área y perímetro, y por consiguiente, mismo índice de compacidad. También posee la misma distribución de alturas y por tanto tiene la misma curva hipsométrica.

El rectángulo se define calculando la longitud de sus lados mayor y menor:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right]$$
$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right]$$

- L: Lado mayor del rectángulo (m).
- l: Lado menor del rectángulo (m).
- K: Índice de Gravelius.
- A: Superficie de la cuenca (m<sup>2</sup>).

Sustituyendo en las formulas los datos de  $A= 42630000 \text{ m}^2$  y  $K=1,32$ , se obtienen los valores de  $L = 11790 \text{ m}$  y  $l = 3613 \text{ m}$ . La cuenca estudiada entontes tendrá un lado mayor de 11,78 km y un lado menor de 3,61 km.

### 2.3.2. Parámetros de relieve

Mediante el uso de sistemas de información geográfica se realizan mapas de altitud, pendientes y orientaciones, los cuales pueden observarse detalladamente en el plano 3 del **Documento 2: Planos**. A partir de dicha cartografía se determina que la cuenca tiene una altura media de 899 m, una pendiente media del 15% y una mayor superficie orientada en umbría.

#### Coefficiente de Masividad de Martonne

Este coeficiente permite observar el grado de inclinación de la cuenca relacionando la altura media de la cuenca con la superficie de la misma, pudiendo determinarse de esta manera como actúa la escorrentía en la cuenca.

Se define como el cociente entre la altura media de la cuenca (m) y la superficie de la cuenca ( $\text{km}^2$ ).

Tabla 11. Clasificación del Coeficiente de Masividad de Martonne (1940). Fuente: <https://es.slideshare.net/lennrnadex/morfometria-pico-tancitaro>

Rangos del Coeficiente de Masividad	Clasificación del Coeficiente de Masividad
0 - 35	Muy montañosa
35 - 75	Montañosa
75 - 105	Moderadamente montañosa

En la cuenca estudiada, teniendo en cuenta un valor de altura media de 899 m y una superficie de la cuenca de  $42,63 \text{ km}^2$ , este coeficiente tiene un valor de 21,09. El cual según se observa en la Tabla 11, corresponde a una zona muy montañosa.

### 2.3.3. Parámetros relativos a la red de drenaje

#### Longitud del cauce principal

Es un parámetro importante a la hora de determinar de forma estimativa el tiempo que tarda en llegar el agua precipitada a la zona de estudio.

En este caso, el cauce principal viene dado por el Arroyo de los Álamos, con una longitud de 11 km.

## Densidad de drenaje

Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión.

La densidad de drenaje se calcula dividiendo la longitud total (Km) de todos los cauces de la cuenca por la superficie total (Km<sup>2</sup>) que las contiene.

**Tabla 12. Rangos de densidad de drenaje. Fuente: <https://es.slideshare.net/lennrnadex/morfometria-pico-tancitaro>.**

Rangos densidad	Clases
1 - 1,8	Baja
1,9 - 3,6	Moderada
3,7 - 5,6	Alta

En este caso, el valor de longitud de todos los cauces es 60,25 km, y el de superficie de la cuenca 42,63 km<sup>2</sup>, con lo que obtenemos un valor de densidad de drenaje igual a 1,41 km/km<sup>2</sup>. Con lo que observando la Tabla 12, se puede decir que la densidad de drenaje es baja.

## Tiempo de concentración

Se define como el tiempo necesario que necesita una gota de agua para recorrer la cuenca desde la situación más alejada hasta la sección de cierre.

Se calcula según la siguiente formula:

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{S_0^{0.25}} \right)^{0.75}$$

- T<sub>c</sub>: Tiempo de concentración (h).
- L: Longitud del cauce principal (km).
- S<sub>0</sub>: Diferencia de cotas entre los puntos extremos del cauce sobre L (%).

Sustituyendo en la formula los datos de L = 11,00 km y S<sub>0</sub> = 5,56 %, se obtiene un valor de T<sub>c</sub> 1,34= horas.

Es decir, que desde que una gota de agua cae en el inicio del Arroyo de los Álamos, tarda 1,34 horas en alcanzar la masa de agua correspondiente al Lago de Carucedo, siendo un tiempo bastante breve y por tanto, efectivo para recibir las aguas provenientes de s precipitaciones en dicho curso fluvial.

## 2.4. Caracterización del ecosistema fluvial

Los lagos y embalses corresponden a ambientes lénticos, es decir, aguas que se encuentran estancadas o que no fluyen.

Al no tener un flujo continuo de agua, su principal fuente de renovación viene dada por el agua de lluvia, por lo que en épocas de sequía estos ambientes lénticos tienden a secarse o desaparecer.

En este tipo de aguas se diferencian tres niveles claros apreciados en la Figura 8, que son la zona litoral, la limnética y la profunda.

- Zona litoral: formada por la orilla y parte del fondo que recibe luz solar, es la parte más biodiversa ya que es donde puede diferenciarse tanto la flora de las orillas, como la fauna que reside en las mismas.
- Zona limnética: se denomina así al centro de la masa de agua alejada de las orillas y a la zona de compensación, donde la fotosíntesis se equilibra con la respiración. Corresponde a la zona con mayor presencia de peces.
- Zona profunda: comprende el agua situada en la zona próxima al fondo, donde ya no se adentra la luz solar. Es una zona con escasa visibilidad por la presencia de sedimentos. Es habitada por algún tipo de pez y moluscos.

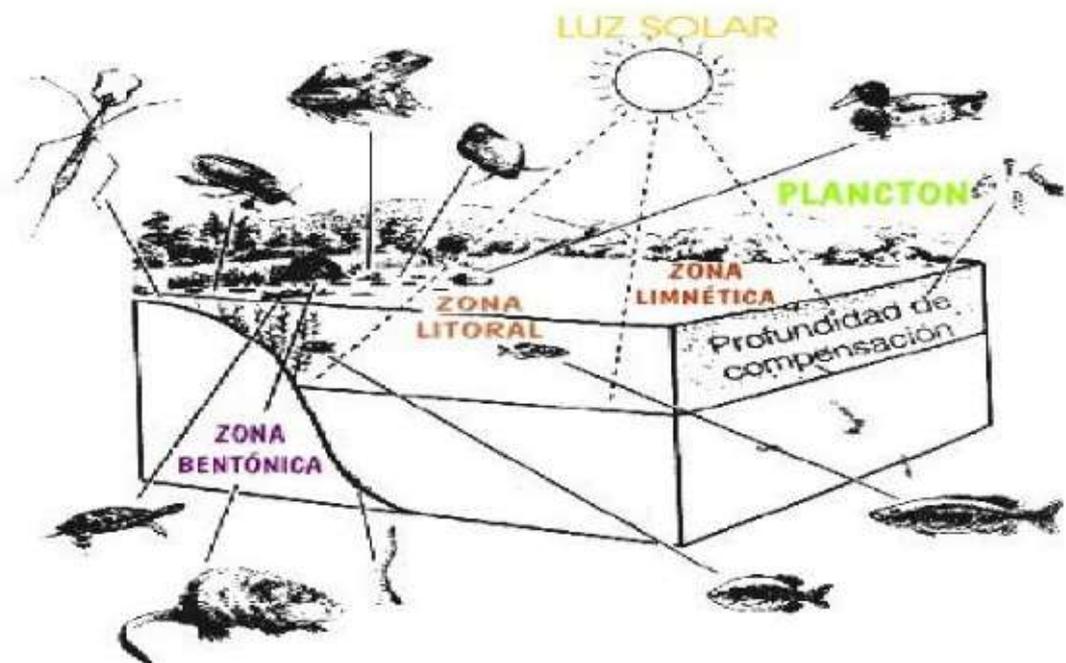
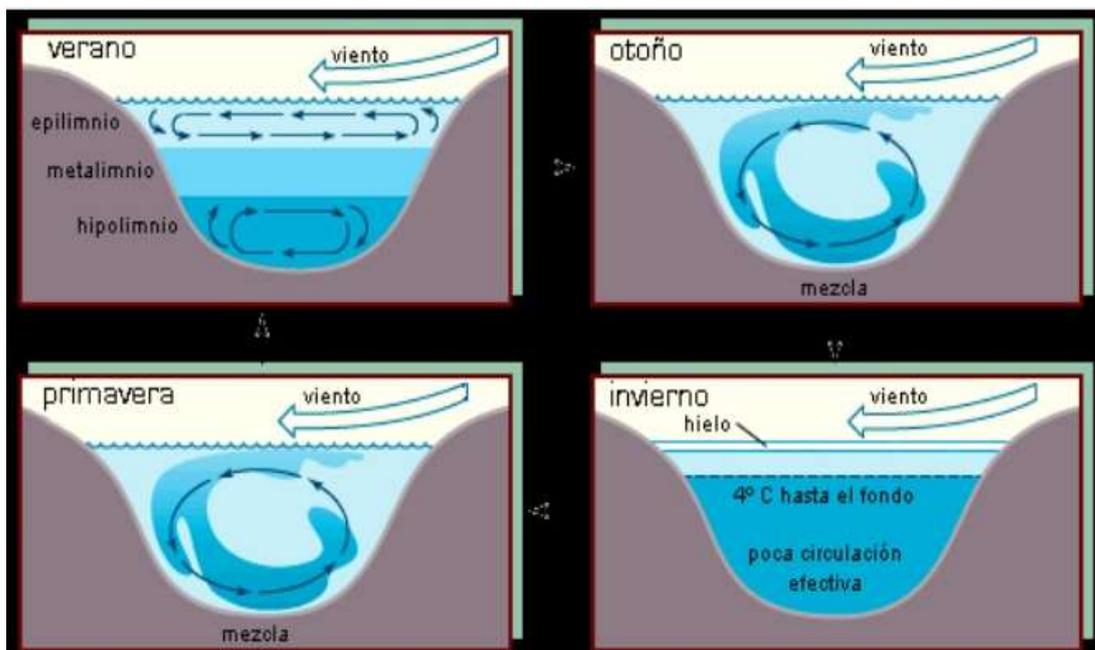


Figura 8. Estructuración de las zonas de un lago.

## Lagos

En cuanto a los lagos, son masas de agua semicerradas, caracterizadas por estar conectados a una fuente de alimentación hídrica. Las principales fuentes de alimentación de estos ecosistemas son las precipitaciones, aguas subterráneas o la presencia de sistemas fluviales que se incorporan al mismo.

Los lagos, como se observa en la Figura 9, poseen ciclos estacionales en los cuales se altera la estratificación de sus aguas. Durante el verano, el agua de la capa superior o epilimnion se calienta más que la capa del fondo o hipolimnion a consecuencia de una exposición intensa y continua a la radiación solar; este factor origina una circulación de las aguas superficiales, las cuales no se mezclan con las del fondo debido a la termoclina. Al calentarse, el epilimnion pierde nutrientes, mientras que el hipolimnion al estar más frío (4°C) disminuye las cantidades de oxígeno y se enriquece en nutrientes por la descomposición de organismos muertos. En el otoño, se produce inversión térmica, el epilimnion se enfría a 4°C y desaparece la termoclina, entonces las aguas profundas se oxigenan y las superficiales se ven enriquecidas por los nutrientes que ascienden. En invierno, el agua más fría queda en la superficie, mientras que el agua a 4°C, la cual es más densa, se mantiene en el hipolimnion, enriqueciéndose de nuevo de nutrientes. Con la llegada de la primavera, se produce inversión térmica de nuevo y desaparece la termoclina produciendo una mezcla de ambas capas de agua como ocurre en el otoño.



**Figura 9. Esquema de la estratificación e inversión térmica de un lago. Fuente:** <https://pt.slideshare.net/pcastel30/unidad-6a-la-hidrosfera>

Este ciclo, se encuentra ligado al proceso de eutrofización, el cual se muestra en la Figura 10. Este proceso es provocado por la gran cantidad de nutrientes (nitratos y fosfatos principalmente), estimula el crecimiento de fitoplancton, lo que provoca la pérdida de transparencia del agua (que disminuye la fotosíntesis por la falta de luz) y aumenta así la descomposición de la materia orgánica. Todo a su vez, hace que disminuya la concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>). Esta disminución de oxígeno va a provocar la muerte de organismos aerobios. Si no hay oxígeno se incrementan las fermentaciones y como resultado se desprenden gases tóxicos como el metano (CH<sub>4</sub>) y el amoníaco (NH<sub>3</sub>), SH<sub>2</sub>, etc.

Todo esto conduce a una degradación del medio acuático y a la disminución significativa de la calidad de vida de los seres que lo habitan. (Moreta Pozo, 2008).

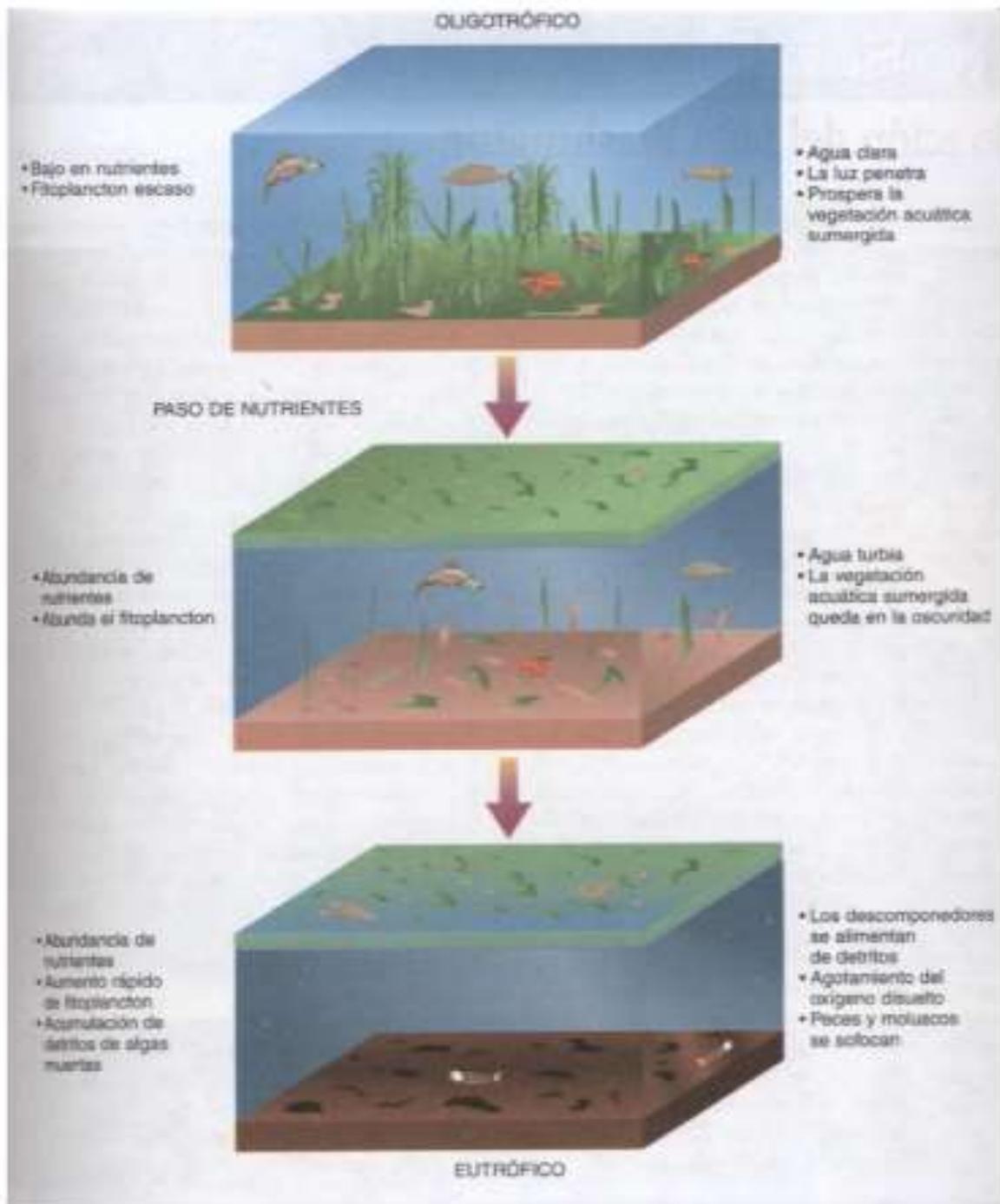


Figura 10. Proceso de eutrofización. Fuente: [http://www.academia.edu/1439928/La\\_eutrofizaci%C3%B3n\\_de\\_los\\_lagos\\_y\\_sus\\_consecuencias.Ibarra\\_2008](http://www.academia.edu/1439928/La_eutrofizaci%C3%B3n_de_los_lagos_y_sus_consecuencias.Ibarra_2008)

## Embalses

Los embalses son masas de agua correspondientes a un depósito artificial que se forma mediante la construcción de un dique o una presa en el curso de un río o arroyo con la finalidad de almacenar agua.

La estructura de un embalse, como se muestra en la figura 11, es la siguiente:

- Presa.
- Aliviadero: zona destinada para dejar el pase, libre o controlado, del agua en los escurrimientos superficiales; se usa a modo de desagüe.
- Obras de toma: estructura de entrada o toma, túnel o conducto a través de un estribo o de la presa y estructura de salida.

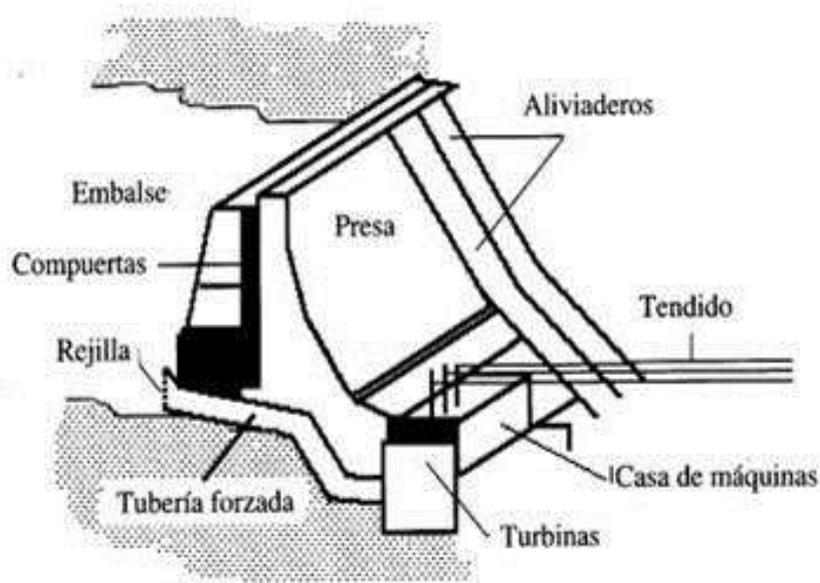


Figura 11. Partes de un embalse. Fuente: <http://slideplayer.es/slide/3908837/>

Las características limnológicas de un embalse según C. Goitia (2010) son:

- Híbrido entre río y lago
- Río embalsado que regula y retarda el flujo, extendiéndose en forma horizontal buscando un equilibrio.
- Tasa de renovación de agua más lenta que la de un río, pero más rápida que la de un lago.
- Tiene la organización vertical del lago, y en la horizontal del río quedan sustituidas por otra intermedia, la cual depende de la simetría entre la presa o dique y el cauce del río.
- Producción primaria menos dependiente del retorno de la superficie de los elementos nutritivos acumulados en las aguas profundas.
- Alternancia de mezcla y estratificación propias de un lago, afectada por las variaciones en los movimientos horizontales del agua y su tasa de renovación, que suelen ir acompañados de cambios importantes en su nivel.

- Nivel más fluctuante, mayor turbidez, mayor sedimentación, menor diversidad biológica, menor biomasa y mayor tasa de renovación.
- La deposición de sedimentos dentro del plano longitudinal, los cuales nunca llegan a la desembocadura de los ríos.
- La térmica del agua está influenciada por la tasa de renovación rápida del agua.
- Funcionamiento asimétrico debido a la superposición de la naturaleza del río sobre la del lago.
- El agua de un río que penetra en un embalse se extiende de acuerdo con su densidad, ya sea en superficie, sobre el fondo o a nivel intermedio.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

En este apartado se describen los materiales y los procedimientos para la ejecución de los trabajos de campo, como son el muestreo tanto de invertebrados como de *Procambarus clarkii*; y los trabajos de laboratorio como la identificación de macroinvertebrados y evaluación del cangrejo rojo americano. Se diferenciará entre trabajo de campo y trabajo de laboratorio.

#### 3.1. Trabajo de campo

Previo a los muestreos, se realiza un mapa de las zonas de interés donde se sitúan los puntos en los cuales se realizará el estudio de macroinvertebrados y del cangrejo rojo americano.

Se señalan un total de 23 puntos de muestreo en función de las masas de agua:

- Embalse de La Campañana: 8 puntos distribuidos a lo largo del margen del embalse.
- Lago de Carucedo: 15 puntos distribuidos en tres zonas diferenciadas.
  - Lago Grande: 8 puntos.
  - Lago pequeño: 6 puntos.
  - Zona de unión entre los lagos: 1 punto.

##### 3.1.1. Puntos de muestreo

En la Figura 12 se pueden ver en rojo los puntos de muestreo distribuidos en el borde de las masas de agua.



Figura 12. Situación de los puntos de muestreo.

### Embalse de La Campañana.

En la Figura 13 se observan las fotografías tomadas en los puntos de muestreo del embalse, donde se pueden diferenciar los distintos tipos de suelo en la zona, respecto a su granulometría y textura; además de apreciarse también que el nivel del agua está bastante alto.



**Figura 13. Puntos de muestreo en el embalse de La Campañana.**

Durante el estudio el embalse se vació para efectuar una limpieza por parte de la empresa ENDESA, responsable de la central hidroeléctrica de la presa, lo que dificultó el muestreo de macroinvertebrados en dicha zona. En la Figura 14 se muestra La Campañana antes y después de ser vaciado.



**Figura 14. La Campanana antes y después de su vaciado.**

### Lago de Carucedo

A continuación se detalla de una manera más completa los puntos de muestreo correspondientes al Lago de Carucedo ya que en el embalse no se obtuvieron datos al realizar los muestreos comentados. Los puntos se dividen en: Lago grande, entre lagos y Lago pequeño.

- Lago grande:

En la Figura 15 se observa el punto 1.



**Figura 15. Punto de muestreo N° 1.**

Presencia de árboles caídos en la orilla que proporcionan sombra y sirven de refugio para posibles cangrejos. El fondo tiene un suelo bastante fangoso, sin piedras y con un escaso número de cuevas o galerías realizadas por el *P. clarkii*. La profundidad es escasa, 40-50 cm con lo que se puede acceder sin problemas, pero aumenta considerablemente a la altura de la vegetación. Presencia de vegetación compuesta principalmente por *Juncus* sp. de 40-80 cm de altura, situados a unos 3 m de la orilla. La vegetación arbórea está formada principalmente por salgueras de unos 5-6 m de altura que sombrean parcialmente la zona muestreada.

Los reteles se colocan entre la vegetación y la orilla, a 40-50 cm de profundidad, en una zona parcialmente soleada.

En la Figura 16 se observa el punto 2.



**Figura 16. Punto de muestreo N° 2.**

El fondo es fangoso, con acumulación de restos de ramas y hojas en la mayoría del mismo, también tiene una gran cantidad de galerías realizadas por *P. clarkii* en la zona menos profunda y más próxima al borde del lago. Se aprecia un reborde en la zona próxima a la orilla, en el que el agua se adentra por debajo de la superficie terrestre. La profundidad los 2 primeros metros es de 40 cm, aumentando considerablemente a medida que se avanza, llegando a 1,70 m a unos 3 m de la orilla. En alguna zona del punto se puede observar algún árbol caído, dando sombra y refugio al cangrejo. En cuanto a la vegetación, no hay presencia de *Juncus* sp. ni *Typha* sp. Existen salgueras de unos 7-8 m de altura en la orilla que sombrean la zona parcialmente.

Los reteles se colocan próximos a las cuevas a unos 50-60 cm de profundidad, en una zona completamente soleada.

En la Figura 17 se observa el punto 3.



**Figura 17. Punto de muestreo N° 3.**

Es un zona próxima a una chopera particular. El fondo es muy fangoso, con mucho barro y sin presencia de cuevas. No hay raíces, ni rocas. La profundidad es muy escasa, no siendo mayor de 20 cm, aumentando a 50 cm a los 6 m del borde del lago. No se aprecia vegetación acuática hasta pasar los 6 primeros metros del borde. EL agua está muy estancada. Las salgueras, de 7-8 m de altura, se encuentran dentro del agua con lo que sombrean los primeros 3 m del punto.

Los reteles se colocan en la zona sombreada a 20-30 cm de profundidad y sin vegetación.

En la Figura 18 se observa el punto 4.



**Figura 18. Punto de muestreo N° 4.**

El fondo es fangoso, se aprecian rocas de tamaño pequeño-medio y una especie de reborde o cavidad que se adentra en la orilla como se observa a la derecha en la Figura 18, donde se aprecian galerías de *P. clarkii*. En los primeros metros la profundidad es escasa, de 40-50 cm, aumentando considerablemente a medida que se avanza. La vegetación se compone principalmente de *Juncus* sp. variando sus alturas desde 60 cm hasta 1,80 m, pero también se diferencia *Typha* sp. más alejada de la orilla. En el borde hay salgueras de 7-8 m que sombrea parcialmente las cavidades citadas.

Los reteles se sitúan entre la vegetación y próximos a las cavidades citadas.

En la Figura 19 se observa el punto 5.



**Figura 19. Punto de muestreo N° 5.**

Punto de acceso complicado, no se puede apreciar el tipo de fondo debido a la profundidad, la cual es superior a 2m desde el borde. Se distingue alguna roca de gran tamaño y 2 salgueras caídas que se adentran en el agua. En cuanto a la vegetación, se compone principalmente por *Juncus* sp. de 1,30m a 1,80m que dificulta la colocación de los reteles. En cuanto a la vegetación arbórea, hay alguna salguera joven de 4 m pero, no proporciona sombra.

Los reteles se colocan entre la vegetación.

En la Figura 20 se observa el punto 6.



**Figura 20. Punto de muestreo N° 6.**

Este punto está situado próximo a una zona de baño poco frecuentada y además se incorpora a agua proveniente de un arroyo llamado “Arroyo del Moco”. El fondo es fangoso, pero con presencia abundante de rocas de tamaño medio y se observan cavidades de *P. clarkii*. Se aprecia un reborde en la zona próxima a la orilla. La profundidad es de 60-70 cm en casi toda la extensión, aumentando a los 3-4 m de la orilla. La vegetación predominante es de *Typha* sp. de 1,60m a 1,80m entre la que se puede apreciar *Juncus* sp. En cuanto a la vegetación arbórea próxima existe una chopera adulta con unos 18 m de altura que proporciona sombra en alguna zona del punto.

Los reteles se distribuyen a unos 2 m de la orilla a 60-70 cm de profundidad y próximos a la vegetación existente.

En la Figura 21 se observa el punto 7.



**Figura 21. Punto de muestreo N° 7.**

Zona profunda, 1,60m de profundidad y descende a escasos metros de la orilla, tiene un fondo pedregoso entre el que se diferencia alguna roca de gran tamaño. Está compuesto por una gran densidad de *Juncus* sp. de 1-1,10 m de altura, que se distribuyen por toda la orilla. El estrato arbóreo en esta zona está compuesto por salgueras pero por su distribución no proporcionan sombra en el punto de muestro, es decir que se encuentra completamente soleado.

Los reteles se colocan después de la vegetación, a unos 1,80-2 m de profundidad, parcialmente sombreados por dicha vegetación.

En la Figura 22 se observa el punto 8.



**Figura 22. Punto de muestreo N° 8.**

Punto próximo a una zona de baño frecuentada. El fondo es fangoso y parcialmente pedregoso, con rocas de tamaño pequeño- medio, además se observan cavidades de *P. clarkii* próximas a la vegetación de la orilla. La profundidad es de 40-50 cm, aumentando progresivamente según se aleja de la orilla. La vegetación dominante es de *Juncus* sp. de 1,40-1,50 m de altura. El estrato arbóreo se encuentra alejado y por tanto, no proporciona sombra en la zona de muestreo.

Los reteles se colocan a 40-50 cm de profundidad próximos a la vegetación

### Entre Lagos:

En la Figura 23 se observa el punto 9.



**Figura 23. Punto de muestreo N° 9.**

Este punto corresponde con la zona intermedia entre el Lago de arriba o lago pequeño y el Lago de abajo o lago grande. El fondo es fangoso y bastante pedregoso en las orillas, la profundidad es escasa, unos 20-30 cm. La vegetación es escasa, se concentra en determinados puntos próximos al Lago pequeño y está compuesta principalmente por *Juncus* sp. de unos 1-1,10 m de altura. El estrato arbóreo de salgueras proporciona sombra en la mayor parte del punto.

Los reteles se sitúan a lo largo del punto, a una profundidad de 20 cm, sin vegetación y a la sombra.

### Lago Pequeño:

En la Figura 24 se observa el punto 10.



**Figura 24. Punto de muestreo N° 10.**

El fondo es fangoso, con presencia de rocas de tamaño medio-grande y numerosas cavidades de *P. clarkii*. Se puede apreciar un reborde o cavidad que se adentra en la orilla y está presente en todo el borde Noroeste del Lago pequeño. La profundidad es de 30-40 cm en la orilla, pero aumenta considerablemente a medida que se avanza, a los 3-4m de la orilla la profundidad es mayor de 2m. Apenas hay presencia de vegetación, hay pequeños grupos de *Juncus* sp. distribuidos en el borde. El estrato arbóreo compuesto por salgueras de 5-6 m situadas a 2 m de la orilla que somborean parcialmente la zona.

Los reteles se sitúan a 30 cm de profundidad, próximos al reborde y cuevas de la orilla, en zonas parcialmente sombreadas y sin vegetación.

En la Figura 25 se observa el punto 11.



**Figura 25. Punto de muestreo N° 11.**

El fondo es fangoso y pedregoso, con rocas de tamaño medio, y presencia de alguna cavidad de *P. clarkii*. La profundidad es de 50-60 cm, la cual aumenta lentamente, a 3m de la orilla es de 1,50-1,60 m. La vegetación presente es de *Juncus* sp. de entre 80 cm y 1,40m de altura, y se distribuye en un 50% del punto, el resto se encuentra sin vegetación. El estrato arbóreo próximo está compuesto por salgueras de 5-6 m que sombream el punto en determinadas zonas.

Los reteles se sitúan a 50-60 cm de profundidad, próximos a las cavidades, en zonas de vegetación media y parcialmente sombreados.

En la Figura 26 se observa el punto 12.



**Figura 26. Punto de muestreo N° 12.**

El fondo fangoso, con presencia de cavidades de *P. clarkii*. La profundidad es de 30-40 cm, pero a los 3 m de la orilla aumenta considerablemente. La vegetación predominante es de *Juncus* sp. de 1-1,10 m que se distribuye por la orilla y forma alguna agrupación adentrándose 2-3 m en el agua. El estrato arbóreo se compone de salgueras y proporciona parcialmente sombra al punto de muestreo.

Los reteles se sitúan entre la orilla y la vegetación, a 30-40 cm de profundidad y se encuentran parcialmente sombreados.

En la Figura 27 se observa el punto 13.



**Figura 27. Punto de muestreo N° 13.**

El fondo es fangoso, pero con abundante pedregosidad en la zona próxima a la orilla. La profundidad es de 50-60 cm en los primeros metros, pero aumenta considerablemente cuando se pasa de la vegetación. La vegetación no es muy abundante, predominan agrupaciones de *Juncus* sp. de 1,30-1,50 m a escasos metros de la orilla. El estrato arbóreo formado por salgueras tampoco es muy denso, con lo que la zona se encuentra parcialmente soleada.

Los reteles se sitúan en zona pedregosa entre la vegetación y la orilla, a 50-60 cm de profundidad y parcialmente sombreados.

En la Figura 28 se observa el punto 14.



**Figura 28. Punto de muestreo N° 14.**

El fondo es fangoso, con una profundidad de 1-1,10 el primer metro de la orilla, pero aumenta considerablemente (< 2 m) en los próximos metros. La vegetación abunda en la orilla, pero dentro del agua es escasa, está compuesta por *Juncus* sp. de 1,50-1,70 m de altura. No existe estrato arbóreo próximo a este punto, por lo que se encuentra soleado.

Los reteles se sitúan a un metro de la orilla, a una profundidad de unos 1,50 - 1,60 m y soleados.

En la Figura 29 se observa el punto 15.



**Figura 29. Punto de muestreo N° 15.**

El fondo es fangoso, con una profundidad de 1,40-1,50 m en la orilla, aumentando considerablemente a escasos metros de la orilla ( $>2\text{m}$ ). La vegetación presente se encuentra en el borde del lago y es escasa, predominando *Juncus* sp. de 1-1,10 m de altura. En cuanto al estrato arbóreo solo se encuentra presente en la zona Oeste del punto, por lo que está parcialmente sombreado.

Los reteles se sitúan a un metro de la orilla, a una profundidad  $> 1,50$  m. Sin vegetación próxima y parcialmente sombreados.

### 3.1.2. Muestreo de macroinvertebrados

En cuanto a los materiales usados para el muestreo de macroinvertebrados cabe destacar:

- Vadeador de gore-tex, para incorporarse en el agua y efectuar los muestreos.
- Red con malla inferior a 300  $\mu$ , la cual está insertada en un mango de madera de 1,5 m de largo.
- Bandeja de plástico blanca, en la cual se deposita la materia del arrastre efectuado con la red.
- Colador metálico, el cual se usa a modo de criba para eliminar los restos de la materia del fondo y permitir así la visualización de los macro-invertebrados presentes en el fondo.
- Pinzas entomológicas, para seleccionar los macro-invertebrados de mayor tamaño.
- Pinceles, con los cuales se recogen los macro-invertebrados de menor tamaño.
- Alcohol etílico 90% para mantener en buen estado las muestras obtenidas.
- Termómetro para la medición de temperatura en los distintos puntos d muestreo.
- Permiso y justificante de la Junta de Castilla y León – Servicio Territorial y medio ambiente.



**Figura 30. Material utilizado en el trabajo de campo para el muestreo de macroinvertebrados. En la izquierda, se aprecia vadeador y red utilizada; en la derecha las bandejas y coladores.**

La metodología seguida en el muestreo de macroinvertebrados consiste en la realización de 3 arrastres de fondo y 3 superficiales, de 1 metro de longitud recorrida cada uno, con una red o sacadera como la mostrada en el apartado de materiales, obteniendo la materia presente en el fondo del lago o del embalse y depositándolo posteriormente en las bandejas blancas.

Una vez en las bandejas, se procede a revisar la presencia de macro-invertebrados, para ello se utiliza un colador a modo de criba en el cual se deposita una pequeña cantidad del material presente en el fondo, se vierte agua para limpiar la arena presente y se retiran cuidadosamente las piedras de mayor tamaño para que finalmente queden los macroinvertebrados. Repitiendo este procedimiento hasta comprobar todo el material extraído del fondo acuático.

Los macro-invertebrados obtenidos se guardan en tarros de cristal con alcohol etílico al 90% para su posterior identificación en el laboratorio.

El muestreo se realiza entre las 10:00 y 20:00 horas en los días 6, 7, 8, 9, 10 y 11 de julio en el Lago de Carucedo, y en los días 12, 20 y 21 de julio en el embalse de La Campañana.



**Figura 31. Procedimiento para la obtención de macroinvertebrados en el Lago de Carucedo.**

### 3.1.3. Muestreo de cangrejo rojo americano

Respecto al material utilizado para la captura y conteo del cangrejo rojo americano:

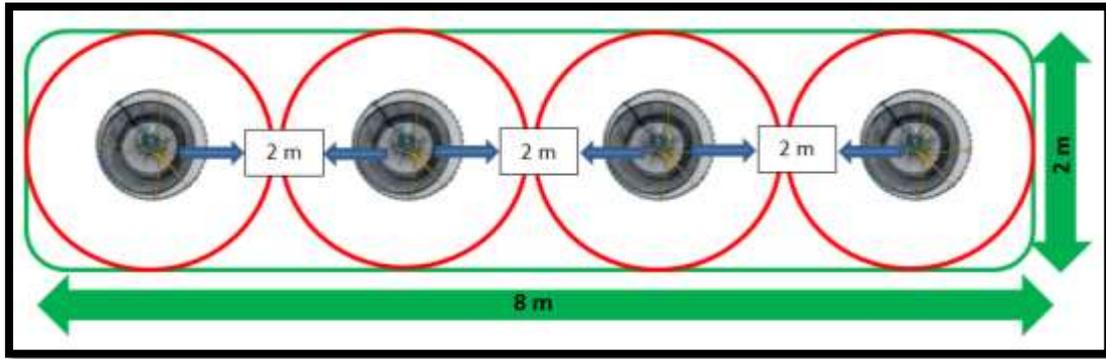
- Vadeador de gore-tex para incorporarse al agua y proceder a la colocación de los reteles.
- Reteles, constituidos por una red de 4 mm, para efectuar la captura de cangrejos mediante el uso de un cebo atrayente.
- Cebo natural: bazo de ternera, hígado de ternera y trucha arcoíris.
- Bote para guardar las muestras obtenidas.
- Cinta métrica para medir la altura y la distancia que abarca la vegetación acuática en los bordes, y la profundidad de cada punto de muestreo.
- Termómetro para la medición de temperatura en los distintos puntos d muestreo.
- Permiso y justificante de la Junta de Castilla y León – Servicio Territorial y medio ambiente.



**Figura 32. Material utilizado en el trabajo de campo para el muestreo de *Procambarus clarkii*. En la izquierda, se aprecia el retel y cebo utilizado; en el centro bote con alguna de las muestras obtenidas; y en la derecha cinta métrica.**

La metodología seguida en el muestreo de *Procambarus clarkii* es la siguiente:

En los puntos, en los cuales se ha realizado el estudio de macro-invertebrados, se procede a la colocación de 4 reteles por punto para la captura de cangrejos. Presuponiendo que cada retel cubra un radio de acción de 1 m desde el centro, la separación entre cada uno será aproximadamente de 2 m como puede observarse en la Figura 33, con lo que se cubrirá una superficie aproximada de 12.5 m<sup>2</sup> por punto señalado.



**Figura 33. Diagrama con la distribución de los redes en cada punto de muestreo.**

Los 4 redes de cada punto se mantienen desde las 10:00h hasta las 21:00h. En un mismo día se realizan 4 puntos simultáneamente, observando los redes de cada punto cada media hora.

Los cebos usados son bazo de ternera, hígado de ternera y trucha arcoíris, los cuales se iban reemplazando si se comía o se renovaba cada 2 horas si no había desaparecido.

Cuando los redes poseen cangrejos estos se retiran de los mismos y se depositan en tarros de alcohol al 90% para su posterior identificación en laboratorio. También se tienen en cuenta los cangrejos avistados próximos al radio de acción de los redes, ya que estos se consideran como cangrejos atraídos por el cebo. Estos últimos serán contabilizados únicamente para el inventario total de cangrejos, pero no se tendrán en cuenta a la hora de elaborar datos estadísticos ya que se desconocen sus características.

El muestreo se realiza en el Lago de Carucedo durante los días 4, 5, 6 y 7 de agosto, y en el embalse de La Campañana los días 14 y 15 de agosto; siempre manteniendo la misma franja horaria y revisando los redes de los puntos cada 30 minutos.



**Figura 34. Captura de ejemplares de *Procambarus clarkii* en redel.**

### 3.2. Trabajo de laboratorio

Los materiales usados en este apartado son los utilizados para la identificación de los macroinvertebrados y clasificación de los cangrejos obtenidos en los muestreos.

- Lupa modelo “Leica ZOOM 2000” x45 aumentos para la visualización de macroinvertebrados.
- Placas de Petri para depositar y manipular los macroinvertebrados recogidos.
- Pinzas entomológicas para la selección y separación de las muestras.
- Pincel para la selección y separación de las muestras más diminutas.
- Botes de plástico para la clasificación e inventariación de las distintas familias identificadas en cada punto de muestreo.
- Alcohol etílico diluido al 70% para la conservación de las muestras.
- Guías de identificación de entomología acuática.
- Regla para medición de ejemplares de *Procambarus clarkii*.
- Test de medición de pH (Nutrafin Test) para obtener el ph del agua.



Figura 35. Material de laboratorio para la identificación de macroinvertebrados.

Para explicar la metodología seguida en el laboratorio, se hace referencia primero a la de macroinvertebrados y después a la del cangrejo rojo.

### 3.2.1. MACROINVERTEBRADOS

Para evaluar el estudio de macroinvertebrados, se usa el índice IBMWP (“Iberian Biomonitoring Working Party”) y las categorías funcionales definidas según Merritt y Cummins, (1978).

#### Evaluación de la calidad de agua

El objetivo del cálculo de este índice es obtener un estado de la calidad de agua en función de las familias de macroinvertebrados presentes en el Lago de Carucedo y en el embalse de La Campañana.

El índice IBMWP se aplica siguiendo un protocolo de muestreo y laboratorio de invertebrados bentónicos en ríos vadeables (Protocolo ML-Rv-I-2013) en las masas de agua de la categoría ríos y en las masas de agua artificiales o muy modificadas asimilables a ríos. En este estudio se aplicará en una masa de agua artificial como es el embalse de La Campañana y en un lago, el Lago de Carucedo, ya que recibe aporte de otras masas de agua como el Arroyo Balen y del propio embalse citado.

El procedimiento para el cálculo del índice IBMWP requiere la identificación previa en campo (visu) y el procesado en laboratorio de las diferentes familias recogidas mediante el protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables (ML-Rv-I-2013) elaborado por la Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Una vez procesada y analizada la muestra (en campo y laboratorio) se anotan las familias y se asignan las puntuaciones correspondientes según Figura 36 y se van sumando hasta obtener un valor final, que será el resultado del índice IBMWP.

Los resultados obtenidos se clasificarán según la Tabla 13 en: un estado ecológico muy bueno, bueno, aceptable, deficiente o malo; y en una calidad buena, aceptable, dudosa, crítica o muy crítica.

**Tabla 13. Clasificación del índice IBMWP para macroinvertebrados acuáticos. Fuente:**  
<https://fnca.eu/images/documentos/prov%20Evaluacion%20ecosistemas%20rio%20grande/prov-riogrande-2008-inform-IBMWP.pdf>

Estado Ecológico	Calidad	IBMWP	Color representativo
Muy Bueno	Buena. Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible.	≥ 101	Azul
Bueno	Aceptable. Son evidentes algunos efectos de contaminación.	61-100	Verde
Aceptable	Dudosa. Aguas contaminadas.	36-60	Amarillo
Deficiente	Critica. Aguas muy contaminadas.	16-35	Naranja
Malo	Muy crítica. Aguas fuertemente contaminadas.	< 15	Rojo



- Depredadores

Macroinvertebrados que se adaptan para capturar presas vivas y así subsistir. Dentro de esta categoría se encuentran los taladradores.

- Taladradores: Aquellos que agarran a sus presas y succionan los fluidos de sus tejidos y células. (Cole, 1988).

- Desmenuzadores o trituradores

Macroinvertebrados, especialmente larvas de insectos, que trituran las partículas de materia orgánica gruesa (CPOM, coarse particulate organic matter, > 1 mm) previamente acondicionada por organismos descomponedores (baterías y hongos). (Cummins & Klug, 1979).

- Raspadores

Macroinvertebrados con adaptaciones morfológicas y de comportamiento para raspar el alimento que se adhiere a superficies, en particular, el perifiton. (Cummins & Klug, 1979).

- Colectores

Macroinvertebrados que consumen esencialmente la superficie colonizada de las pequeñas partículas detríticas (< 1 mm), o lo que es lo mismo, partículas de materia orgánica fina (FPOM, fine particulate organic matter). (Cummins & Klug, 1979). Dentro de esta categoría se diferencian:

- Filtradores, cuando la alimentación es de materia en suspensión.
- Recolectores, cuando los detritos están sedimentados.

### 3.2.2. CANGREJO ROJO AMERICANO

En la metodología seguida para evaluar el estudio de *P. clarkii*, se usa el sex-ratio y una clasificación de los parámetros ambientales presentes en la zona de estudio, los cuales se consideran influyentes en la distribución poblacional de esta especie.

#### Evaluación del Sex-ratio

Aplicando esta variable a poblaciones faunísticas, se describe el sex-ratio como el número de machos dividido por el número de hembras, normalmente expresado en porcentaje. Se realiza para conocer la proporción de machos respecto a una hembra o viceversa.

#### Evaluación de los parámetros ambientales

Para el tratamiento de datos recogidos en el muestreo de *P. clarkii*, se tienen en cuenta los parámetros ambientales de la Tabla 14, los cuales se clasifican en función de sus características diferenciadoras. Además de los parámetros presentes en la tabla 14, se realizan análisis de temperatura y pH del agua durante el periodo de muestreo.

Tabla 14. Tipologías de parámetros ambientales.

<b>Parámetros ambientales influyentes en la distribución de <i>P. clarkii</i></b>
<b>Presencia de Hendidura en la Orilla</b>
Tipo 1. Sin presencia de hendidura
Tipo 2. Con presencia de hendidura
<b>Tipo de Fondo acuático</b>
Tipo 1. Fondo normal
Tipo 2. Fondo pedregoso
Tipo 3. Fondo con galerías
<b>Profundidad</b>
Tipo 1. Aguas poco profundas < 30 cm
Tipo 2. Aguas de profundidad media 30- 150 cm
Tipo 3. Aguas profundas > 150 cm
<b>Tipos de vegetación palustre</b>
Tipo 1. Vegetación muy escasa (< 15%).
Tipo 2. Vegetación escasa (15- 45%).
Tipo 3. Vegetación abundante (45-85%)
Tipo 4. Vegetación muy abundante (> 85%)
<b>Macroinvertebrados y calidad de aguas</b>
Tipo 1. Puntuación IBMWP < 15
Tipo 2. Puntuación IBMWP 16-35
Tipo 3. Puntuación IBMWP 35-60
<b>Exposición al sol-sombra</b>
Tipo 1. Zona de sombra
Tipo 2. Zona media luz o media sombra
Tipo 3. Zona de luz

- Presencia de hendidura en la orilla

Los puntos muestreados presentan o no, una hendidura o reborde en la que el agua se adentra en el borde del lago quedando por debajo de la superficie terrestre. A partir de este factor, se divide la orilla del lago en dos tipologías:

Tipo 1. Orilla sin presencia hendidura. Se considera “sin presencia de hendidura” cuando el reborde tiene una profundidad lateral inferior a 20 cm.

Tipo 2. Orilla con presencia de hendidura. Se considera “presencia de hendidura” cuando el reborde tiene una profundidad lateral superior o igual a 20 cm, distancia suficiente para proporcionar un refugio mínimo.

- Tipo de fondo acuático

El tipo de fondo presente en el Lago de Carucedo es fangoso en la mayoría de las zonas. Se clasificará teniendo en cuenta las siguientes características: pedregosidad, pudiendo estar formado por piedras de tamaño pequeño (grosor < 5 cm), medio (grosor entre 5-20 cm) y grandes (> 20 cm); y presencia de galerías realizadas por *P. clarkii*. Según estas condiciones, se realiza la siguiente clasificación:

Tipo 1. Fondo normal. Fondo fangoso con una pedregosidad inferior al 30% y sin presencia de galerías.

Tipo 2. Fondo pedregoso. Fondo fangoso con una pedregosidad superior al 30%.

Tipo 3. Fondo con galerías. Fondo fangoso en el cual existe la presencia de galerías o refugios formados por el *P. clarkii*.

- Profundidad.

Puesto que en los distintos puntos de muestreo existen diversas profundidades, desde 20 cm a más de 1,50 m, se ha establecido una escala que divide las aguas en:

Tipo 1. Aguas poco profundas. Aguas que se encuentren a una profundidad inferior a 30 cm medidos desde el borde de la orilla.

Tipo 2. Aguas de profundidad media. Aguas que se encuentren a una profundidad entre 30 cm y 150 cm medidos desde el borde de la orilla.

Tipo 3. Aguas profundas. Aguas que se encuentren a una profundidad superior a 150 cm medidos desde el borde de la orilla.

- Presencia de vegetación semiacuática en el margen de las masas de agua.

Se denomina así a la vegetación palustre presente en el borde del lago, formada principalmente por *Juncus sp.* y en menor medida por *Typha sp.* Se diferencian 4 categorías:

Tipo 1. Vegetación muy escasa. Zonas en las que la vegetación palustre presente no supere un 15% de cobertura en el punto de muestreo. Presencia de alguna mata que apenas se adentra en la superficie acuática.

Tipo 2. Vegetación escasa. Zonas en las que la vegetación se encuentre entre el 15% y 45% de la superficie acuática. Normalmente se encuentra formando pequeñas matas o agrupaciones.

Tipo 3. Vegetación abundante. Zonas en las que la vegetación abarca entre el 45% y el 85% de la superficie acuática. Presencia de una alta densidad de vegetación.

Tipo 4. Vegetación muy abundante. Zonas en las que la vegetación supera el 85% de cobertura en la superficie acuática. Zonas con una densidad muy alta de vegetación y de difícil acceso.

- Presencia de macroinvertebrados y calidad de aguas.

A partir del muestreo de macroinvertebrados y la realización del índice IBMWP, se obtiene una categoría de calidad de aguas, la cual es la que se ha seguido para la definición de este parámetro.

Tipo 1. Calidad muy baja. Puntuación IBMWP < 15. Zonas con un estado ecológico malo y una calidad e agua muy crítica, corresponde con aguas fuertemente contaminadas.

Tipo 2. Calidad baja. Puntuación IBMWP 16-35. Zonas con un estado ecológico deficiente y una calidad de agua crítica, corresponde con aguas muy contaminadas.

Tipo 3. Calidad media. Puntuación IBMWP 35-60. Zonas con un estado ecológico aceptable y una calidad de agua dudosa, corresponde a aguas contaminadas.

- Exposición al sol/ sombra

Este parámetro se define en función de la cobertura del estrato arbóreo y la proximidad del mismo al borde del lago.

Tipo 1. Zona de sombra. (Cobertura >80%). Puntos en los cuales la cobertura de la masa arbórea supera el 80% y que debido a su proximidad a la orilla proyecta mayor cantidad de sombra sobre el área de muestreo.

Tipo 2. Zona media luz o media sombra. (Cobertura entre 20-80%). Puntos en los cuales la cobertura de la masa arbórea se encuentra entre el 20-80% y se sitúa a una distancia media de la orilla, creando zonas de sol y de sombra sobre el área de muestreo.

Tipo 3. Zona de luz. (Cobertura < 20 %). Puntos en los que la cobertura de la masa arbórea es inferior al 20% y se encuentran a gran distancia de la orilla o en una posición en la que el sol no proyecta sombra sobre el área de muestreo.

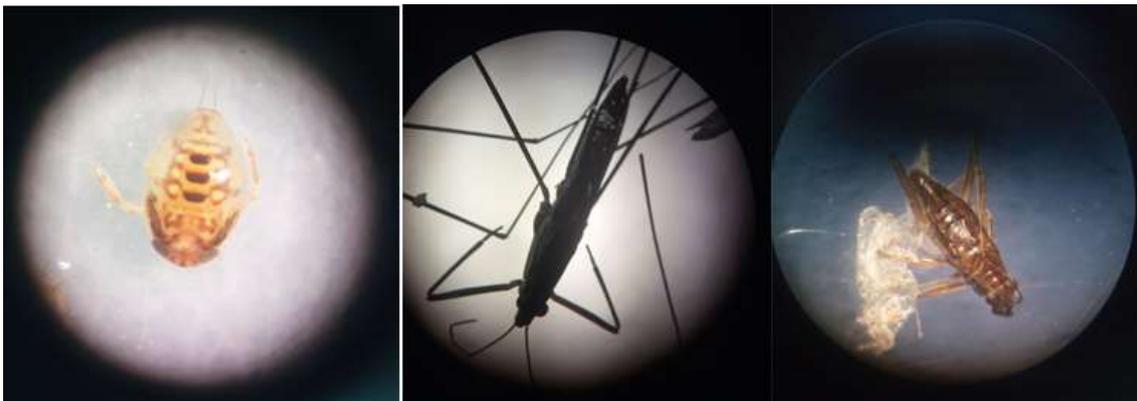
### 3.3. Descripción de los macroinvertebrados estudiados

En este apartado se realizan las descripciones de los órdenes obtenidos en el muestreo de macroinvertebrados ordenados según el filo al que pertenecen y de mayor a menor proporción de individuos presentes en el Lago de Carucedo. Se excluye el orden Decapoda ya que incluye al *Procambarus clarkii*, el cual se detalla en un único apartado por ser la especie motivo del estudio. (Véase apartado 3.4).

**Dentro del filo Artropoda están presentes varios grupos que se señalan a continuación.**

- Heterópteros (orden Hemiptera)

Son insectos hemimetábolos caracterizados por tener las alas anteriores transformadas en hemiélitros y el aparato bucal en forma de rostro o pico perforante. Pueden vivir en todo tipo de ambientes acuáticos, pero se encuentran generalmente asociados a las aguas estancadas o en sectores lénticos de las aguas corrientes. La mayoría son típicamente depredadores, aunque también existen algunas familias fitófagas. (González-González & Cobo-Gradín, 2006). En el caso de este estudio, la mayoría de los individuos corresponden al orden Hemíptera los cuales se muestran en la Figura 37, concretamente la familia Corixidae, que es con una gran diferencia la que predomina en la totalidad del lago. También son representativas las familias Mesoveliidae y Gerridae (vulgarmente conocidos como “zapateros”). En el caso de las familias citadas dentro de este orden según el índice IBMWP tienen una puntuación de 3 en una escala del 1 al 10.



**Figura 37. De izquierda a derecha se muestran las familias Corixidae, Gerridae y Mesoveliidae.**

- Efemerópteros (Orden Ephemeroptera)

Son un pequeño grupo de insectos hemimetábolos cuyas ninfas son todas acuáticas y los adultos son aéreos, en general viven un periodo corto de tiempo. En concreto las ninfas poseen un aparato bucal de tipo masticador y una respiración tegumentaria por medio de traqueobranquias laminares o plumosas. La mayoría de las ninfas son herbívoras y se alimentan de detritos, pueden ser filtradoras usando sus piezas bucales o raspadores de sustrato mediante el uso de sus patas anteriores. Viven tanto en aguas corrientes como estancadas, pero generalmente suelen estar limpias y bien oxigenadas. (González-González & Cobo-Gradín, 2006). Se diferencian 11 familias en la Península Ibérica, de las cuales las dos mostradas en la Figura 38 se hayan en este estudio: Caenidae y Baetidae. Siendo el segundo orden dominante en el muestreo total del Lago de Carucedo. Concretamente estas dos familias citadas poseen una puntuación de 4 según el índice IBMWP con lo que no son representantes de una gran calidad del agua respecto a otras familias de este orden.



**Figura 38.** A la izquierda se observan ninfas de la familia Caenidae, y en el centro y derecha, ninfas de la familia Baetidae.

- Odonatos (Orden Odonata)

Se conocen vulgarmente como libélulas o caballitos del diablo, los adultos son aéreos y sus ninfas son acuáticas. La mayoría habitan en aguas estancadas, entre cúmulos de sedimentos o entre la vegetación. Las ninfas son diferentes atendiendo a sus subórdenes: Anisoptera (libélulas) o Zygoptera (caballitos del diablo). Las ninfas de Zygoptera son alargadas y esbeltas, en el extremo abdominal presentan tres láminas traqueobranquiales; mientras que en Anisoptera son más cortas y robustas, y en su lugar presentan tres placas puntiagudas junto con dos pequeños cercos llamados pirámide caudal o anal. En ambos subórdenes el aparato bucal de las ninfas se caracteriza por la existencia de una estructura llamada máscara, la cual es una especialización del labio, y representa el principal órgano cazador. Son, como lo adultos, depredadoras. (González-González & Cobo-Gradín, 2006). En este estudio destaca la presencia de 3 familias mostradas en la Figura 39, que son Aeshnidae y Coenagrionidae dentro del suborden Zygoptera, y Gomphidae en el suborden Anisoptera. Son el tercer orden a destacar en cuanto a número de individuos presentes en el muestreo global del Lago de Carucedo. Sus familias tienen gran representación en el estudio por tener una puntuación de entre 6 y 8 puntos según el índice IBMWP, solo superada por la familia Molannidae dentro del orden Trichoptera.



**Figura 39.** De izquierda a derecha se muestran ninfas de las familias Aeshnidae, Coenagrionidae y Gomphidae.

- Dípteros (Orden Diptera)

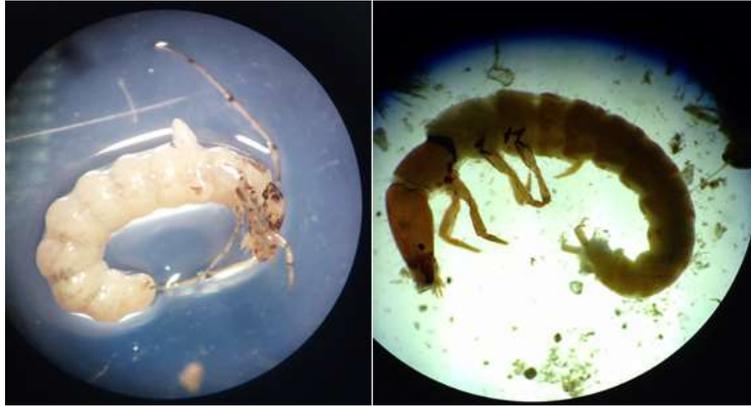
Son insectos Holometábolos con una distribución geográfica muy limitada para algunas familias, pero muy cosmopolita para otras. Sus larvas son típicamente vermiformes y ápodas, pero tienen aspectos muy diversos. Tienen un régimen alimentario muy variado, pudiendo ser: saprófagas, fitófagas, zoófagas, coprófagas, etc. Entre sus familias es frecuente encontrarse especies depredadoras o parásitas, tanto de animales como de vegetales. La familia Chironomidae es una de las que mayor porcentaje de especies posee. (González-González & Cobo-Gradín, 2006). En el estudio realizado de macroinvertebrados, el mayor porcentaje de dípteros también corresponde con la familia Chironomidae, la cual por su diversidad de especies y amplitud geográfica solo tiene un valor de 2 puntos en el índice IBMWP. En la Figura 40 se muestran otras familias presentes como son Culicidae (2 puntos), Thaumaelidae (2 puntos) y Simuliidae, la cual es la segunda familia dentro este orden con mayor porcentaje de individuos, con un mayor valor dentro de este índice, 5 puntos.



**Figura 40.** De izquierda a derecha se observan larvas de las familias Chironomidae, Culicidae y Simuliidae.

- Tricópteros ( Orden Trichoptera)

Los tricópteros o frigáneas son insectos cuyos adultos tienen coloraciones poco llamativas, poseen dos pares de alas membranosas recubiertas de pelos, que en posición de reposo se pliegan sobre el cuerpo en forma de tejado. Las larvas y las pupas son acuáticas, viven en todo tipo de aguas dulces, tanto en medios lóticos como lénticos, y por lo general son bastante exigentes desde el punto de vista ecológico, viviendo preferentemente en aguas frías y bien oxigenadas. Se conocen sobre todo por fabricar estuches portátiles mediante el uso de sedas y otros materiales. Las larvas se distinguen de todos los insectos acuáticos por la presencia de los apéndices anales (falsas patas anales o pigópodos) provistos de fuertes uñas. Su respiración es tegumentaria al igual que en los efemerópteros, mediante traqueobranquias localizadas casi siempre sobre el abdomen. (González González & Cobo Gradín, 2006). En el estudio están presentes las familias de la Figura 41, que son Philopotamidae (valor 8) y Molannidae, esta última con un valor en el índice IBMWP de 10 puntos, es decir, la máxima puntuación posible, pero solamente se haya en un punto del muestreo y con un escaso número de individuos.



**Figura 41.** En la izquierda se observa una larva de la familia Molannidae y a la derecha, una larva de la familia Philopotamidae.

**Dentro del filo Mollusca están presentes los grupos que se señalan a continuación.**

- Moluscos Gasterópodos (Órdenes: Basommatophora y Sorbeoconcha).

Los Gasterópodos de agua dulce pertenecen a dos grandes grupo, Prosobranquios y Pulmonados. Los primeros poseen opérculo y branquias, mientras que los segundos carecen de opérculo y branquias, pero en su lugar poseen un pulmón provisto de pneumostoma. Ambos están presentes en casi cualquier hábitat acuático, pero se localizan principalmente en aguas poco profundas (entre 10 cm y 2m). La gran mayoría son fitófagos y su principal fuente de alimento es el perifiton. (González-González & Cobo-Gradín, 2006). En el estudio realizado, se encuentran las familias de la Figura 42, las cuales son: Physidae, Lymnaeidae, Planorbidae (Pulmonados) y Hydrobiidae (Prosobranquios); todas ellas con un valor en el índice IBMWP de 3 puntos.



**Figura 42.** De izquierda a derecha se observan las familias Physidae, Planorbidae, Lymnaeidae y Hydrobiidae. Fuente: G. & Ph. Poppe (2015).

- Veneroidos (Orden Veneroida)

Se encuentra dentro de los Bivalvos. Dentro de este orden se hará referencia únicamente a la familia Sphaeriidae, la cual se muestra en la Figura 43 ya que es la presente en el estudio. Comúnmente llamados Esféridos, son pequeños bivalvos con conchas ovaladas, globosas, de color blanquecino o amarillento, provistos de un pie muy extensible y uno o dos sifones en función del género. Se encuentran en gran variedad de medios acuáticos, preferentemente lóticos.

Son filtradores y viven enterrados en sedimentos finos, arenosos y fangosos. (González-González & Cobo-Gradín, 2006). Al igual que los órdenes anteriormente citados (Basommatophora y Sorbeoconcha) tiene un valor en el índice IBMWP de 3 puntos.



**Figura 43. Familia Sphaeriidae, perteneciente al orden Veneroida. Fuente: G. & Ph. Poppe (2015)**

### 3.4. Ficha técnica de *Procambarus clarkii*.

Se pretende detallar de forma completa la especie motivo del presente estudio atendiendo a la descripción, reproducción, ecología trófica, área de distribución, hábitat, interacciones entre especies y estado de conservación.



Figura 44. Ejemplar de *Procambarus clarkii*.

#### Taxonomía

Especie: *Procambarus clarkii* (Girard, 1852).

Crustacea » Arthropoda » Malacostraca » Decapoda » Cambaridae » *P. clarkii*.

#### Identificación

El aspecto habitual de esta especie de cangrejo como se observa en la figura 44 y figura 45, es con un cuerpo dividido en cefalotórax, un abdomen alargado y segmentado, y finaliza en la cola o telson. Antenas largas y flexibles. La boca está situada en la parte ventral de la cabeza, posee un par de mandíbulas y dos pares de maxilas. Seguidamente tiene tres pares de maxilípedos, que son los tres primeros segmentos torácicos, con un primer par de apéndices muy desarrollados denominados pinzas o quelas que terminan en unas tenazas y poseen tubérculos rojos brillantes. Además de las patas citadas, posee cuatro pares de patas locomotoras llamadas pereiópodos, los dos primeros pares terminan en una pequeña pinza y los dos últimos en uñas cortas. El abdomen está compuesto por seis segmentos, los cinco primeros tienen cada uno un par de apéndices denominados pleópodos, que en el caso de las hembras es donde fijan sus huevos en la época de reproducción; el último segmento lleva dos apéndices o urópodos junto al telson.

Los adultos suelen tener una coloración rojiza oscura con alguna tonalidad marrón. En el caso de los jóvenes muestran coloraciones marrones verdosas o beige. Respecto al tamaño, pueden alcanzar hasta los 15 cm.

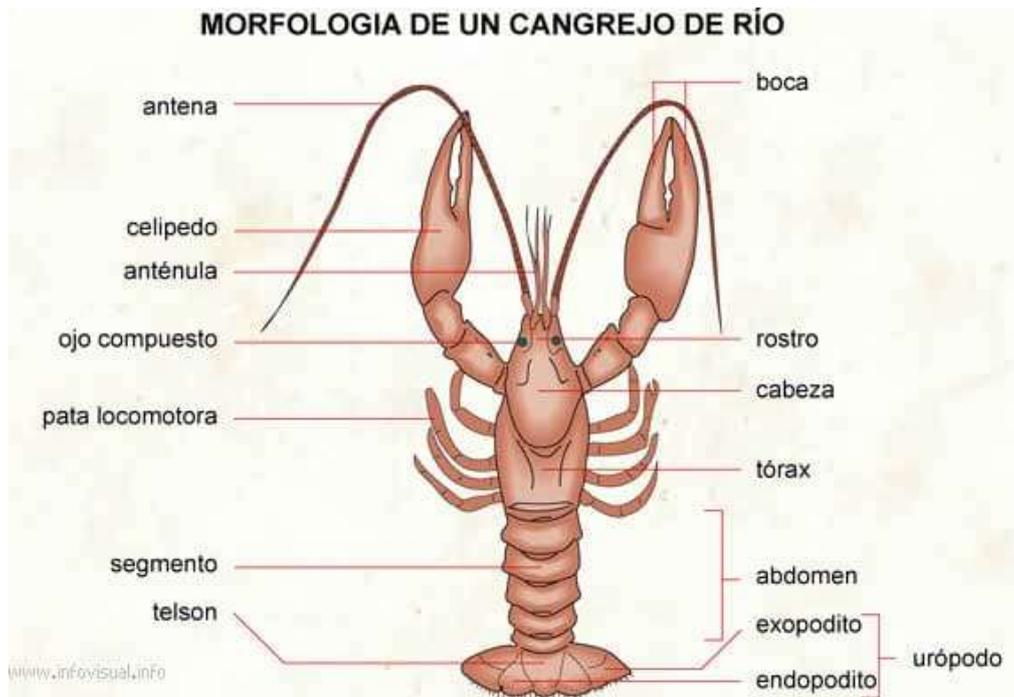


Figura 45. Morfología de un cangrejo de río. Fuente: <https://infovisual.info/es/biologia-animal/cangrejo-de-rio>.

#### Diferenciación respecto a otras especies

Según las especies de cangrejo que se encuentran en la zona, cabe diferenciar al *P. clarkii* de *Pacifastacus leniusculus* (Cangrejo autóctono) y de *Austropotamobius pallipes* (Cangrejo Europeo).

El *P. clarkii* es de la familia Cambaridae, mientras que las otras dos especies se corresponden con la familia Astacidae. La diferencia entre estas familias es que Cambaridae posee las suturas longitudinales del cefalotórax próximas y unidas en su mitad, y las espinas del cefalotórax distribuidas por ambos lados de la sutura cervical; mientras que Astacidae, posee las suturas longitudinales del cefalotórax separadas, y las espinas del cefalotórax distribuidas por detrás de la sutura cervical.

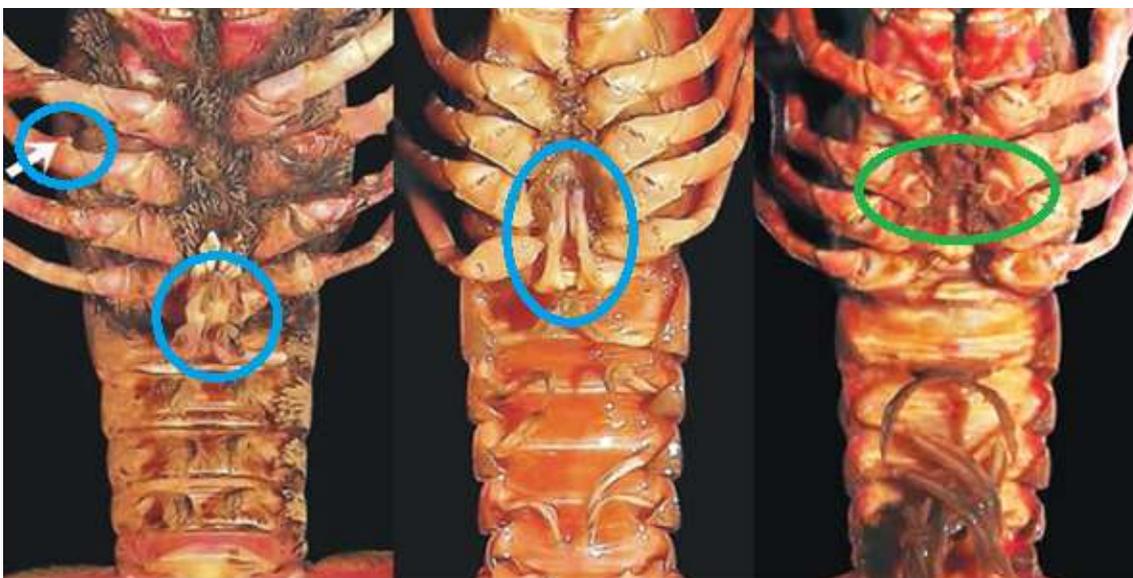
Dentro de la familia Astacidae el *P. leniusculus* tiene las pinzas con la cara ventral rojiza y en la cara dorsal una mancha de tonos blancos verdosos en la zona que une las dos partes de la pinza; sin embargo el *A. pallipes*, tiene las pinzas blanquecinas en la cara ventral y no posee mancha blanco-verdosa en la parte dorsal de la pinza.

#### Dimorfismo sexual

Los machos presentan los dos primeros pares de pleópodos modificados en un órgano copulador, mientras que en las hembras, el primer par es vestigial y el segundo no tiene ninguna modificación. Otra característica diferenciadora es el gancho copulador en los machos en la fase reproductora, y las aberturas genitales, pero son más difíciles de evaluar.

En la Figura 46 Se pueden observar las características diferenciadoras entre machos y hembras. A La izquierda se muestra un macho en su estado reproductor con un órgano copulador desarrollado y los ganchos (rodeados en azul y señalados con una flecha) en los primeros pares de pereiópodos. La imagen central corresponde a un macho en estado no

reproductor, con su órgano copulador poco desarrollado (rodeado en azul) y sin ganchos reproductores. En la imagen de la derecha se muestra una hembra en la que se distingue el primer par de pleópodos vestigiales y los orificios genitales en el segundo par de pereiópodos (rodeados en verde).



**Figura 46. Características diferenciadoras en el dimorfismo sexual de *Procambarus clarkii*. Fuente: [http://www.planetainvertebrados.com.br/index.asp?pagina=especies\\_ver&id\\_categoria=26&id\\_subcategoria=22&com=1&id=77&local=2](http://www.planetainvertebrados.com.br/index.asp?pagina=especies_ver&id_categoria=26&id_subcategoria=22&com=1&id=77&local=2).**

### Reproducción

Esta especie comienza con la fecundación en otoño (González-González & Cobo-Gradín, 2006). Como existe dimorfismo sexual, deber haber un acto sexual. Los machos, con el órgano copulador, depositan el esperma en el receptáculo seminal situado en los pereiópodos de las hembras, donde puede mantenerse viable durante algunos meses hasta que la hembra realice la muda. Semanas antes de realizar la puesta, aparecen en los urópodos de la hembra unas manchas blanquecinas denominadas marcas de puesta. El número de huevos varía según el tamaño de la hembra, pudiendo oscilar entre 100 en hembras jóvenes y 600-700 en adultas.

En el desove la hembra expulsa los huevos de los oviductos y los fecunda con el esperma que tiene almacenado. Los huevos se adhieren a los pleópodos a partir de una sustancia segregada por unas glándulas situadas en la parte ventral de los segmentos abdominales. Tras este proceso, la hembra permanece refugiada y prácticamente no se alimenta. Como se observa en la Figura 47, los huevos permanecerán adheridos al abdomen hasta que se transformen en pequeños cangrejos capaces de iniciar una vida independiente.

Las crías miden aproximadamente 2 cm con un mes, llegando hasta los 8 cm en tres meses; la madurez sexual la alcanzan cerca de los 6 cm o 3 meses de edad.



Figura 47. Arriba se observa una hembra de *P. clarkii* con huevos y abajo la evolución de los distintos estadios.

### Ecología trófica

Se considera de tipo desmenuzador o triturador. Es bentónico y omnívoro, se alimenta de insectos, larvas, detritos, con preferencia por materia animal. En su hábitat natural, han sido clasificados como carnívoros obligados, lo que significa que puede subsistir a partir de materia orgánica y vegetal pero requieren alguna forma de materia animal en su dieta para su óptimo crecimiento y salud.

### Área de distribución

La distribución natural de *Procambarus clarkii* se extiende desde el norte de México y Florida al sur, hasta la región sur de Illinois y Ohio al norte. Se ha expandido ampliamente por Estados Unidos (Arizona, California, Georgia, Hawaii, Idaho, Indiana, Maryland, Nevada, Nuevo México, Carolina del Norte, Ohio, Oregón, Carolina del Sur, Utah, Oklahoma), Centro y Sur América (Belice, Brasil, Costa Rica, República Dominicana), Europa (Portugal, España, Francia, Chipre), y otras áreas más distantes (Japón, Kenya, China, Provincia China de Taiwán y Uganda). En la Figura 48 se muestra el área de distribución en Europa, concentrándose principalmente en España.

En España fue introducido en 1974 con fines comerciales. (González-González & Cobo-Gradín, 2006).



**Figura 48. Área de distribución en Europa de *Procambarus clarkii*. Fuente: <https://sites.google.com/site/cangrejerojoamericano/>**

### Hábitat

Se encuentra tanto en hábitats de agua dulce lénticas y lólicas: arroyos tranquilos, pantanos, acequias, ciénagas y estanques, etc., especialmente entre la vegetación y hojarasca. Esta especie evita los arroyos y acequias con fuertes corrientes. Es muy resistente a todo tipo de condiciones, soportando bajos niveles de oxígeno, temperaturas altas y ambientes bastante eutrofizados. Muestra un comportamiento territorial y es agresivo con su propia especie. Hiberna enterrándose durante períodos de sequía o frío. Es una especie menos crepuscular y fotofoba que el cangrejo autóctono *Austropotamobius pallipes*.

### Medidas de conservación y gestión piscícola

Su impacto sobre especies autóctonas amenazadas aconseja su erradicación o, al menos, evitar su expansión.

Dentro del Título V de la Ley 9/2013, de 3 de diciembre, de Pesca de Castilla y León se encuentra la ORDEN FYM/1079/2016, de 19 de diciembre, por la que se establecen las Normas Regulatoras de la Pesca en la Comunidad de Castilla y León para el año 2017. En el Artículo 2 de dicha orden, se obliga a dar muerte a todos los ejemplares capturados de esta especie con el fin de contribuir al control y erradicación de su población.

### Interacciones entre especies

Es responsable de la alteración de las redes tróficas, incidiendo negativamente sobre otras especies.

Una de las interacciones negativas más importantes es sobre el *Austropotamobius pallipes*, para el que ha sido letal la afanomicosis, enfermedad infecciosa causada por un hongo, de la que es portador el cangrejo rojo. Pero también causa efectos negativos sobre algunas especies de anfibios, fundamentalmente por predación de sus huevos y larvas. (González-González & Cobo-Gradín, 2006).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se dan a conocer los resultados obtenidos de los muestreos de macroinvertebrados y de *P. clarkii* de toda la zona de estudio.

Tras realizarse ambos muestreos, en el embalse de La Campañana no se obtienen datos suficientes para realizar el estudio de macroinvertebrados puesto que solo se aprecia visualmente la presencia de individuos de la familia Gerridae “zapateros”, y en el muestreo de *P. clarkii* se obtienen cero ejemplares, es decir, que no se aprecia la presencia de cangrejo en esta zona. Debido a esto último, se puede decir que la construcción del embalse no solo ha cumplido la función de generar energía hidroeléctrica y controlar el régimen hídrico que llega al embalse de Peñarrubia, sino que también desempeña la función de barrera física para que el cangrejo rojo americano no amplíe su distribución en la zona.

En cuanto a la zona situada en el Lago de Carucedo, se dividen los resultados en dos apartados; el correspondiente a macroinvertebrados y el de cangrejo rojo americano.

### 4.1. Macroinvertebrados

En la Tabla 15 se muestran las categorías taxonómicas a las que pertenecen, el número de individuos por puntos de muestreo y la localización de dichos puntos (correspondiendo los puntos del 1 al 8 al Lago Grande, el 9 (L G-P) al punto de conexión entre ambos lagos y del 10 al 15 al Lago pequeño).

**Tabla 15. Inventario de Macroinvertebrados.**

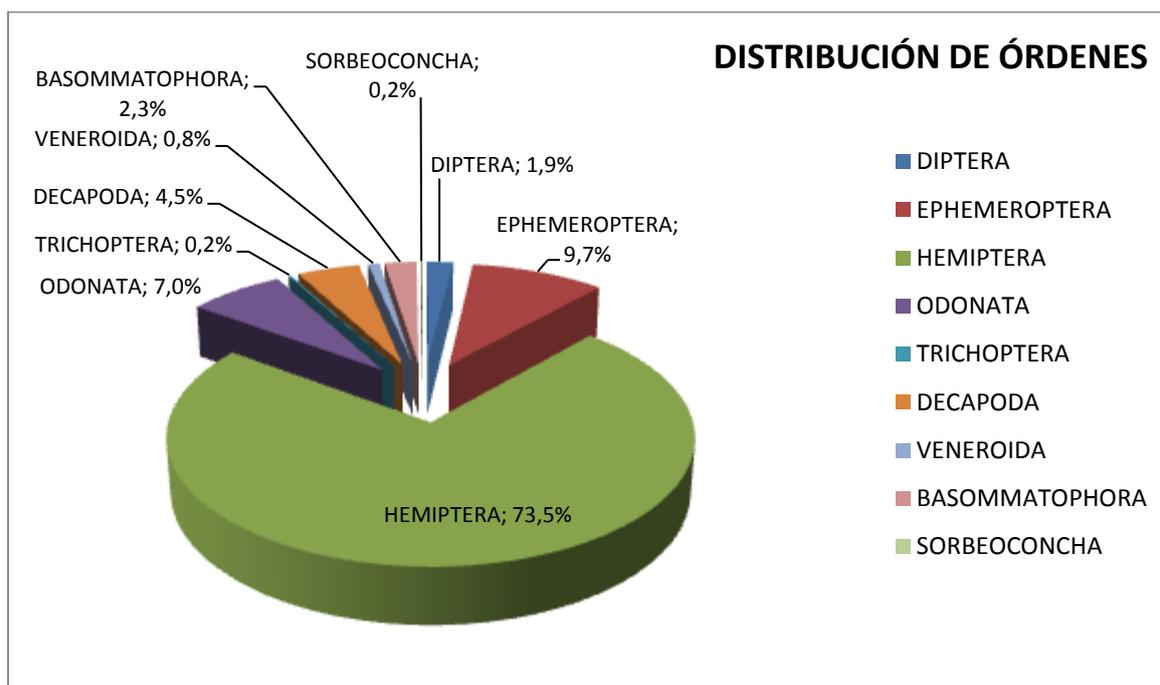
CLASIFICACIÓN E INVENTARIO DE MACROINVERTEBRADOS				PUNTOS DE MUESTREO															
				LAGO GRANDE								L G-P	LAGO PEQUEÑO						
FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ARTROPODA	INSECTA	DIPTERA	CHIRONOMIDAE	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	1	2	3	0	1	
			CULICIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
			SIMULIDAE	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			THAUMALEIDAE	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		EPHEMEROPTERA	CAENIDAE	0	1	0	0	8	1	12	26	0	0	0	1	5	1	0	0
			BAETIDAE	0	0	12	1	10	21	0	1	7	6	1	1	2	1	0	0
			CORIXIDAE	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50
		HEMIPTERA	GERRIDAE	0	32	8	1	13	3	4	0	12	0	0	0	2	0	7	0
			MESOVELIIDAE	0	0	30	5	5	1	13	0	4	0	0	0	4	0	0	0
		ODONATA	AESHNIDAE	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	1	0	0
			COENAGRIONIDAE	0	10	1	2	5	5	3	5	9	14	0	1	2	3	3	0
		TRICHOPTERA	GOMPHIDAE	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	4	3	1	0
			MOLANNIDAE	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		MALACOSTRACA	DECAPODA	PHILOPOTAMIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
				CAMBARIDAE	2	5	0	5	0	9	2	10	0	7	3	6	3	1	2
MOLLUSCA	BIVALVIA	VENERODIA	SPHAERIIDAE	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
			LYMNAEIDAE	0	0	0	0	3	4	5	0	0	0	1	0	1	1	0	
GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	PHYSIDAE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		PLANORBIDAE	3	6	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
		HYDROBIIDAE	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SORBEOCONCHA			0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NÚMERO TOTAL DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO				59	110	104	70	94	103	90	94	85	80	60	67	76	61	64	
NÚMERO TOTAL DE INDIVIDUOS EN EL MUESTREO				1217															

Para una apreciación más visual de los datos, se realiza la Tabla 16 a modo resumen con la categoría de orden.

**Tabla 16. Número de individuos perteneciente a cada orden del muestreo de macroinvertebrados.**

ORDEN	Nº DE INDIVIDUOS
DIPTERA	23
EPHEMEROPTERA	118
HEMIPTERA	894
ODONATA	85
TRICHOPTERA	2
DECAPODA	55
VENEROIDA	10
BASOMMATOPHORA	28
SORBEOCONCHA	2

En la Gráfica 1 se muestra la distribución de los órdenes resumidos en la Tabla 16, en la cual destaca en primer lugar la presencia del orden Hemiptera, en segundo lugar el orden Ephemeroptera, en tercer lugar el orden Odonata y en cuarto lugar el orden Decapoda.



**Gráfica 1. Distribución de órdenes en todo el conjunto del área de estudio.**

Los resultados obtenidos en cada punto se observan en la Gráfica 2, que aparece a continuación. En ella se observa que el mayor número de individuos (> 50 individuos/ punto) pertenece al orden Hemiptera, en todos los puntos. Siguiendo al orden Hemiptera nos encontramos:

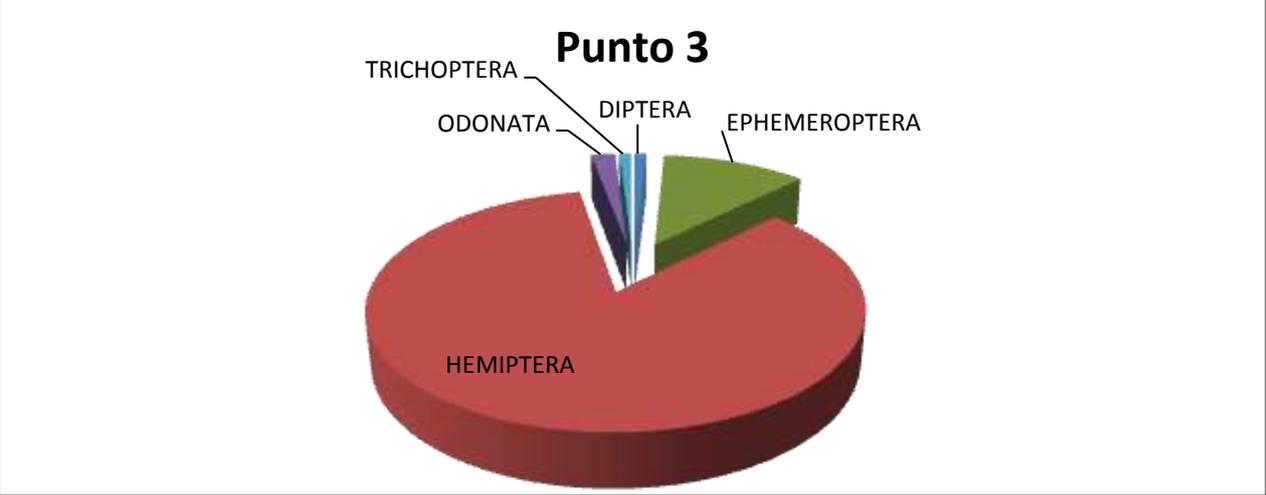
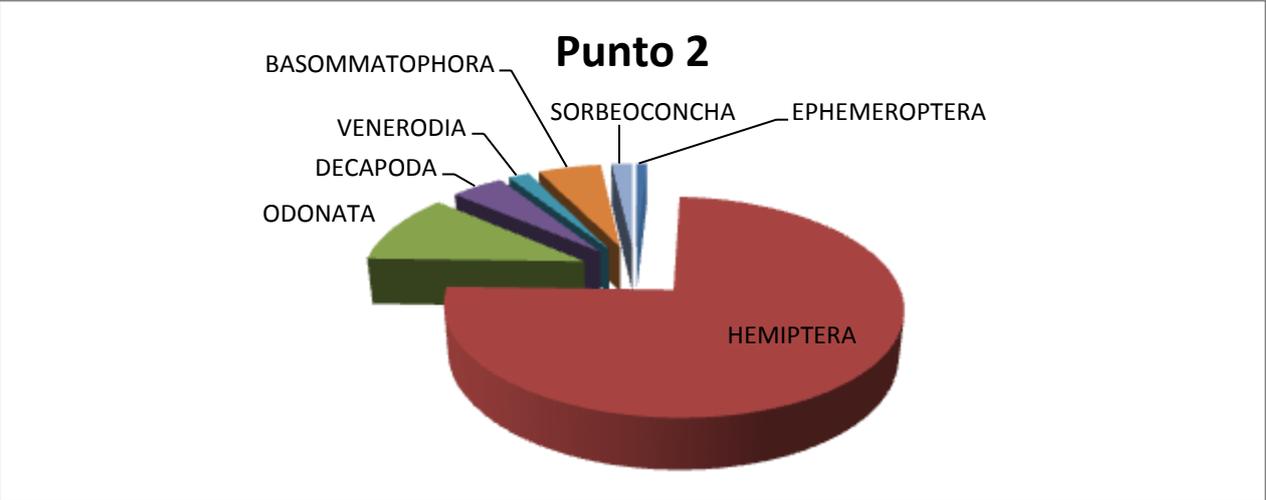
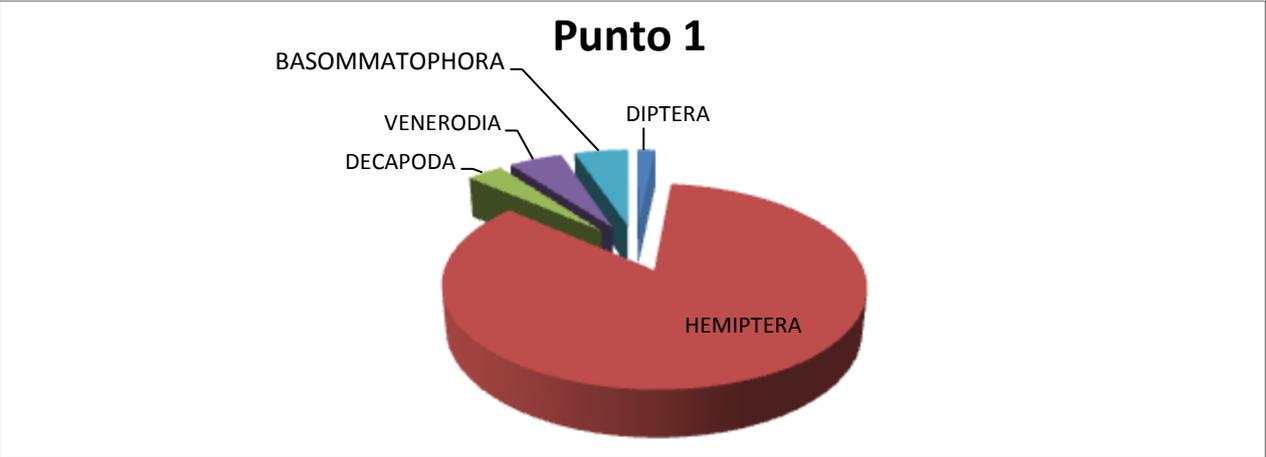
- Orden Ephemeroptera en los puntos: 3, 5, 6, 7, 8 y 13.
- Orden Odonata en los puntos: 2, 9, 10, 11, 14 y 15.
- Orden Decapoda en los puntos: 4 y 12.

- Orden Basommatophora en el punto: 1.

La Gráfica 3 muestra los resultados obtenidos distribuidos en familias en función de los puntos de muestreo, la familia Corixidae es la más relevante con diferencia obteniendo más de 50 individuos por punto de muestreo. Seguida de esta familia destacan:

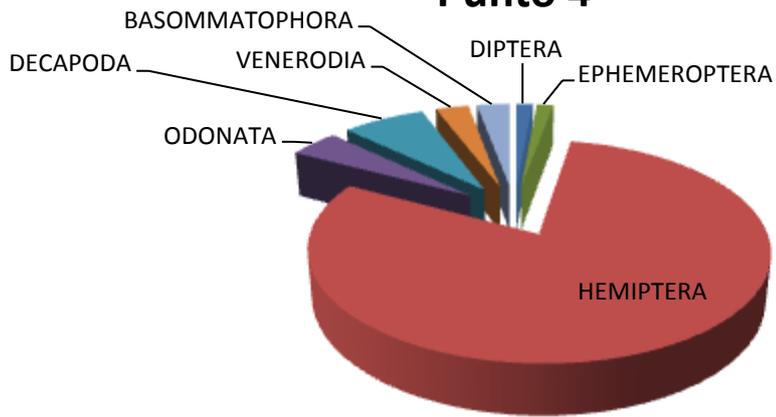
- Familia Gerridae en los puntos: 2, 5, 9 y 15.
- Familia Mesoveliidae en los puntos: 3, 4 y 7.
- Familia Cambaridae en los puntos: 4, 11 y 12.
- Familia Baetidae en el punto: 6.
- Familia Coenagrionidae en los puntos: 10 y 14.
- Familia Caenidae en los puntos: 7, 8 y 13.
- Familia Gomphidae en el punto: 14.
- Familia Aeshnidae en el punto: 11.
- Familia Planorbidae y Sphaeriidae en el punto: 1.

Conjunto de gráficas de distribución por la categoría taxonómica de orden, en función del punto de muestreo:

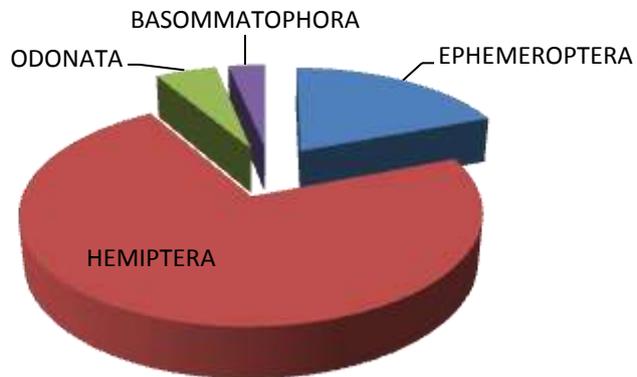


(Continua en la página siguiente)

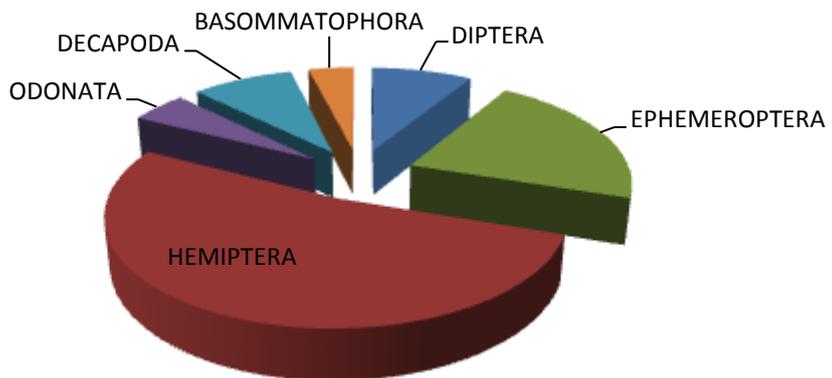
### Punto 4



### Punto 5

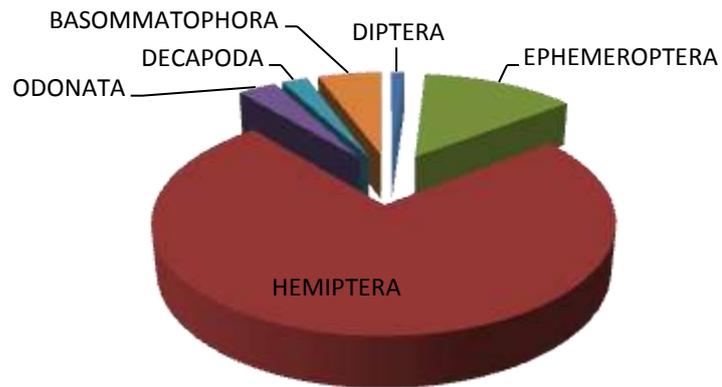


### Punto 6

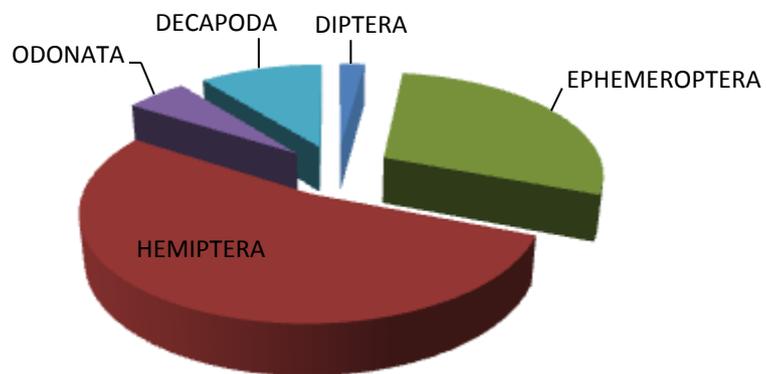


(Continua en la página siguiente)

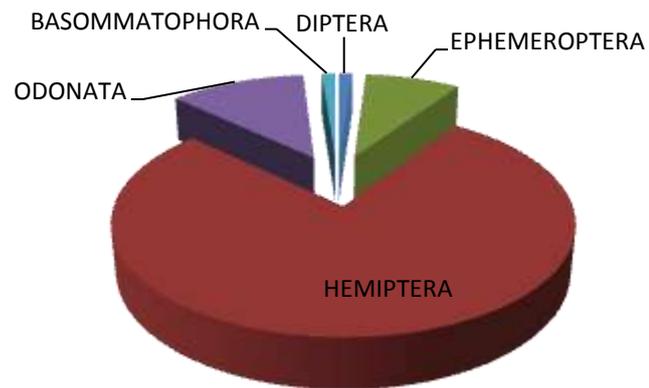
### Punto 7



### Punto 8

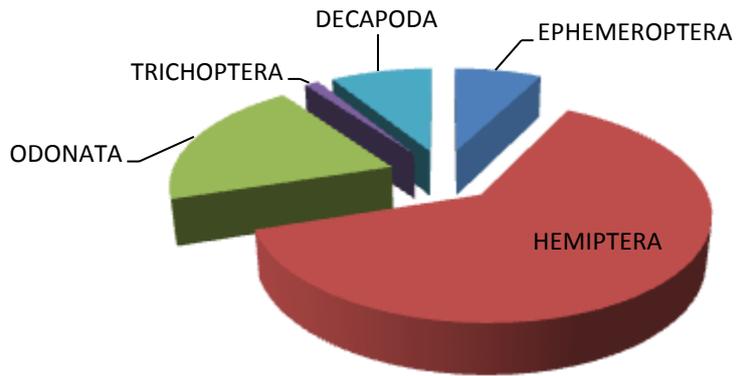


### punto 9

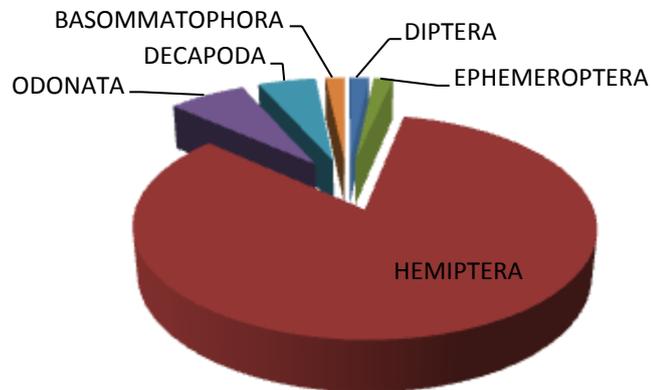


(Continua en la página siguiente)

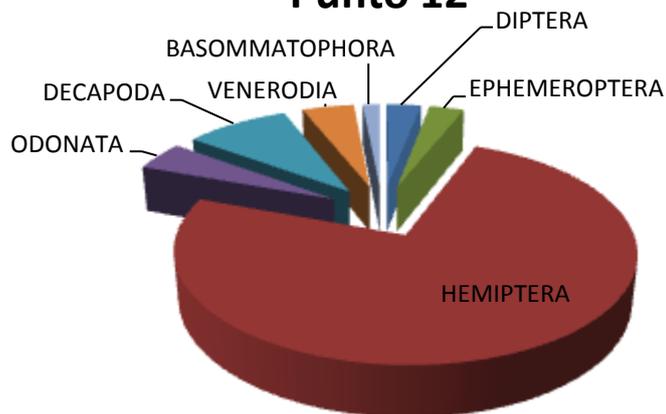
### Punto 10



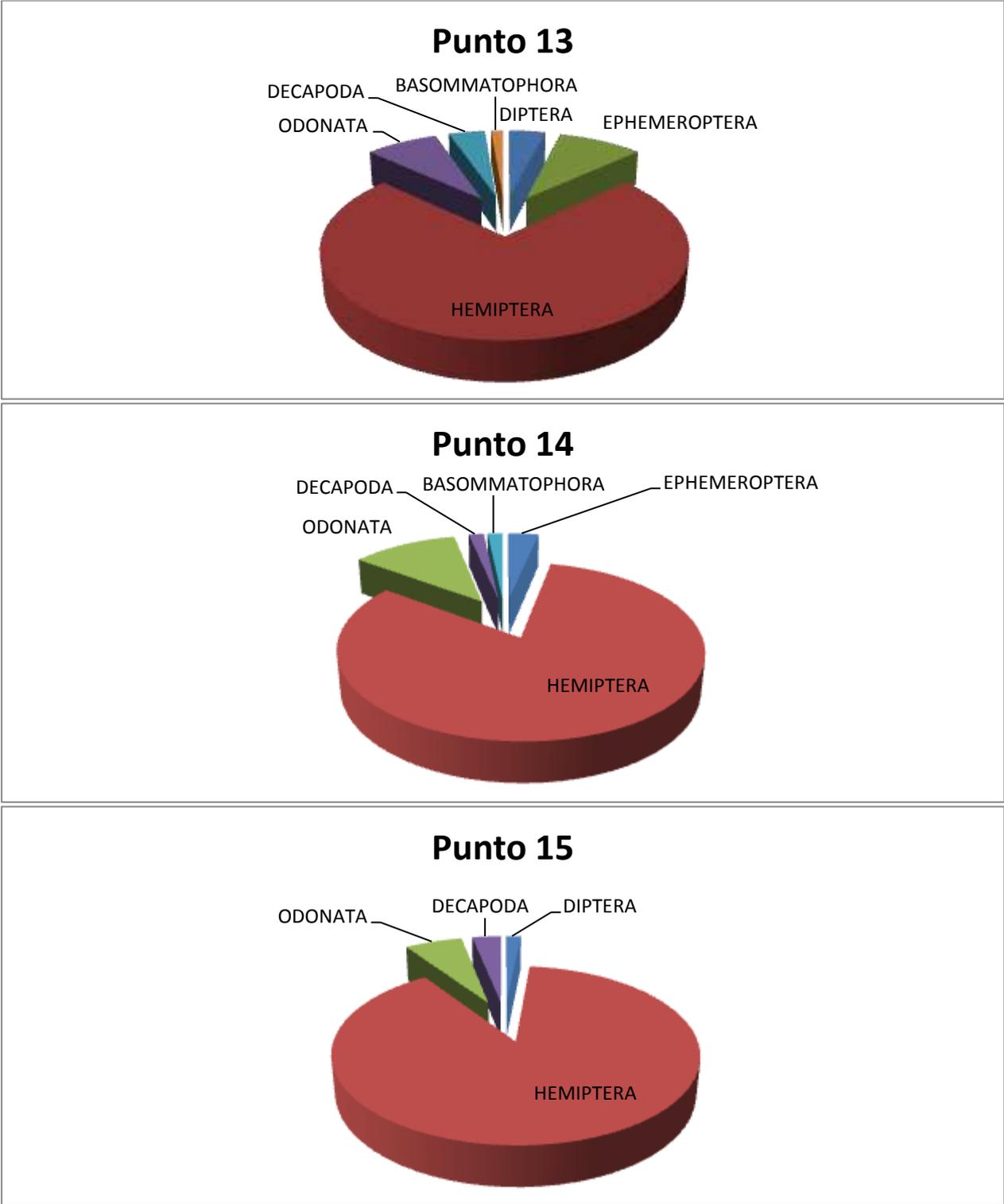
### Punto 11



### Punto 12

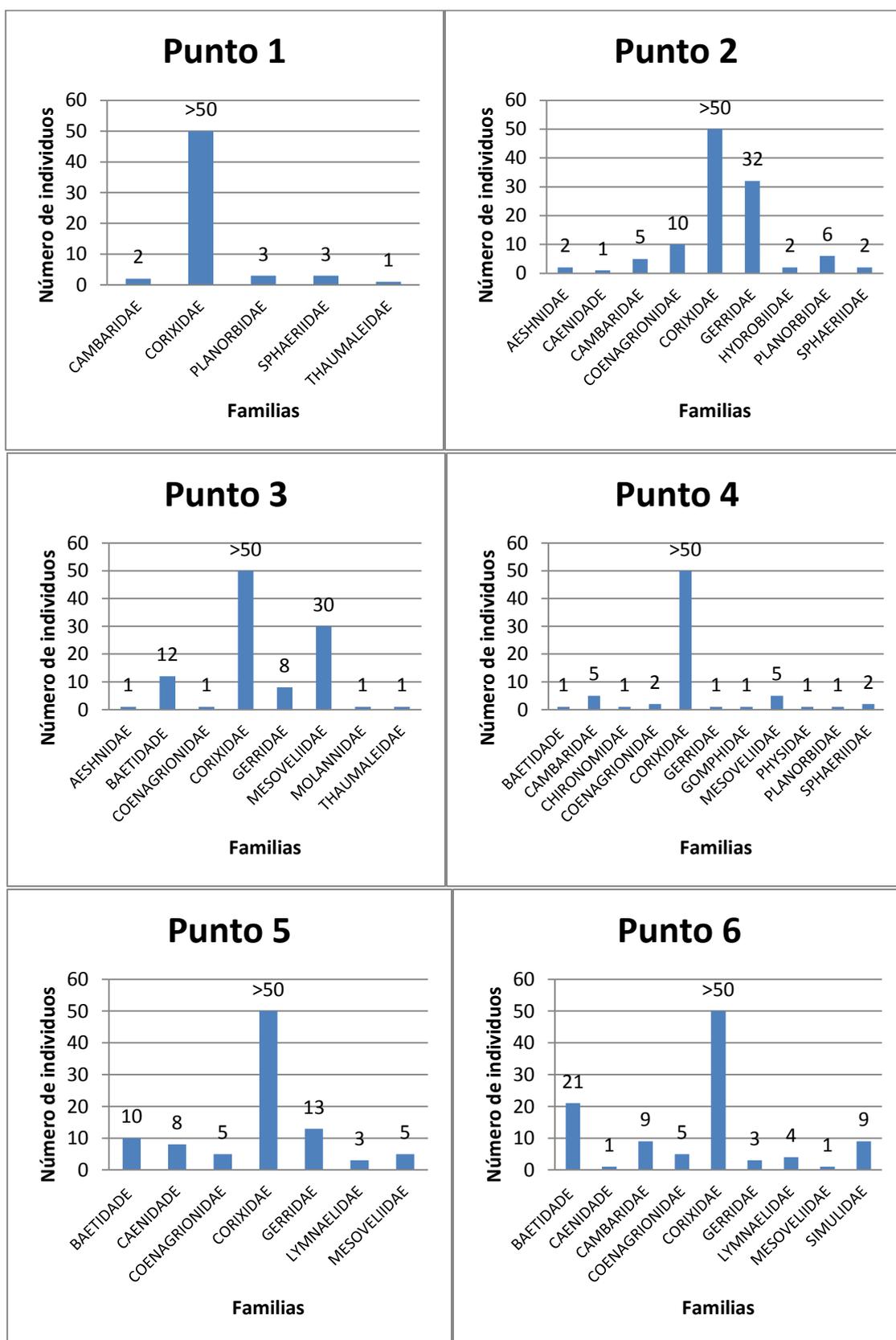


(Continua en la página siguiente)

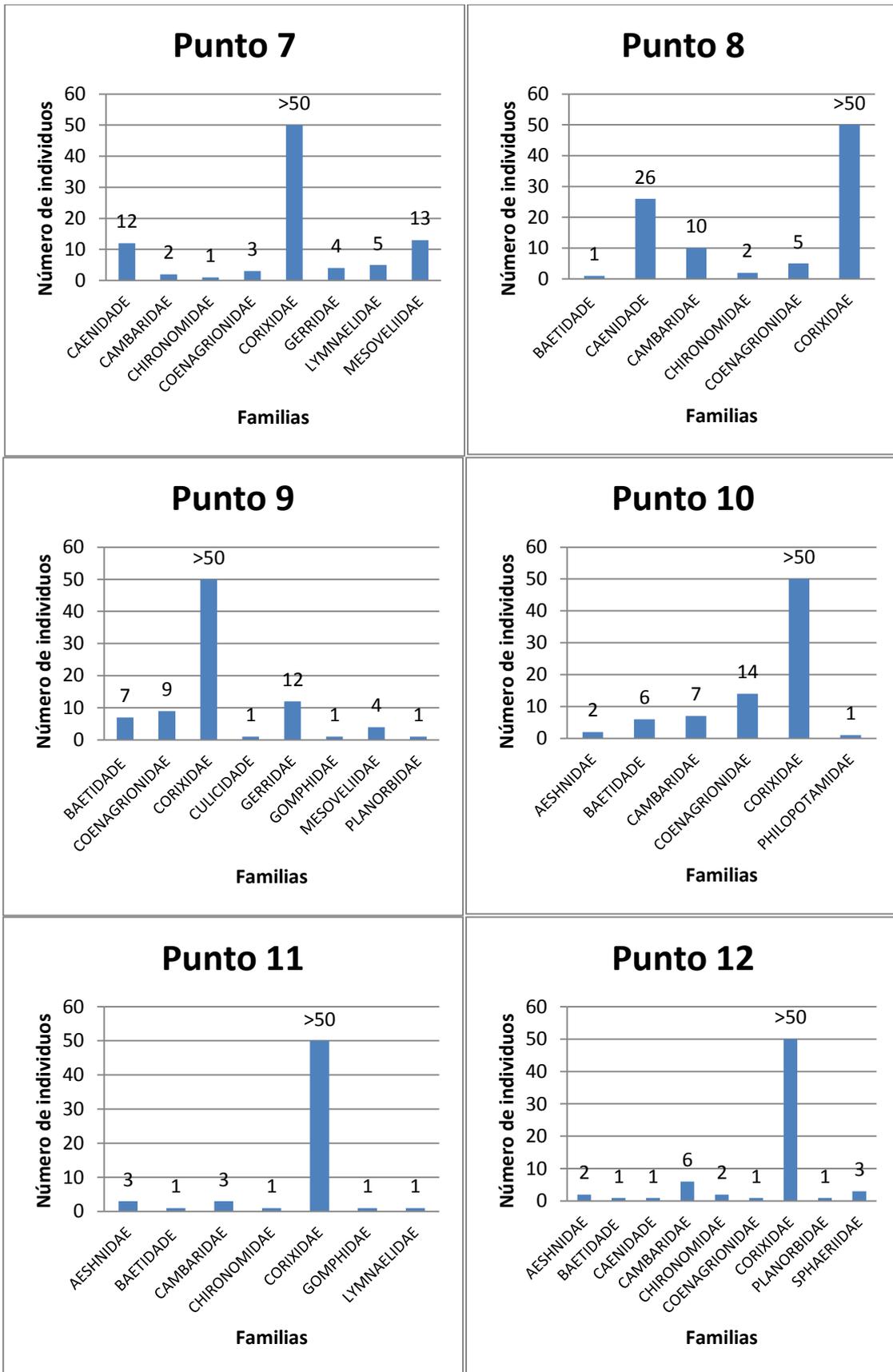


Gráfica 2. Distribución clasificada por órdenes en función de los puntos de muestreo.

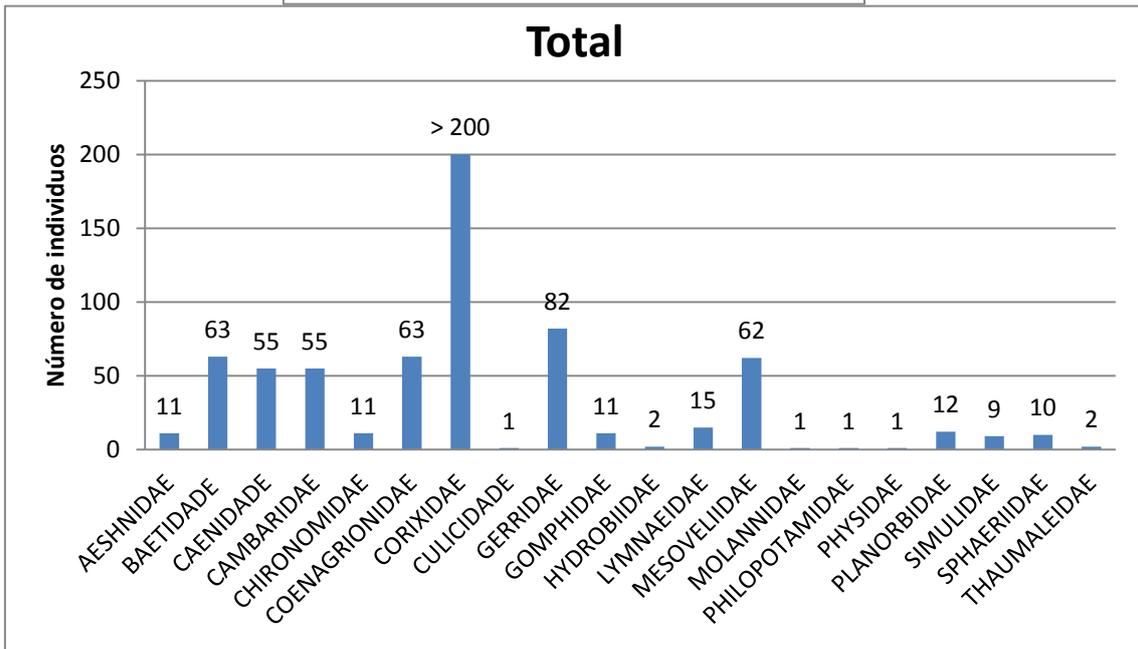
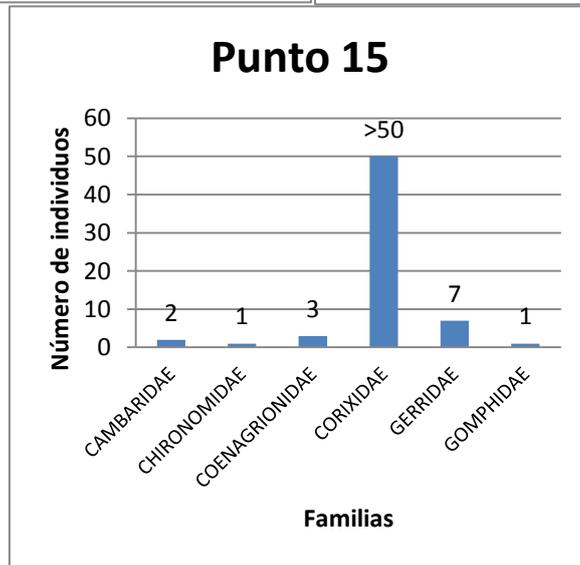
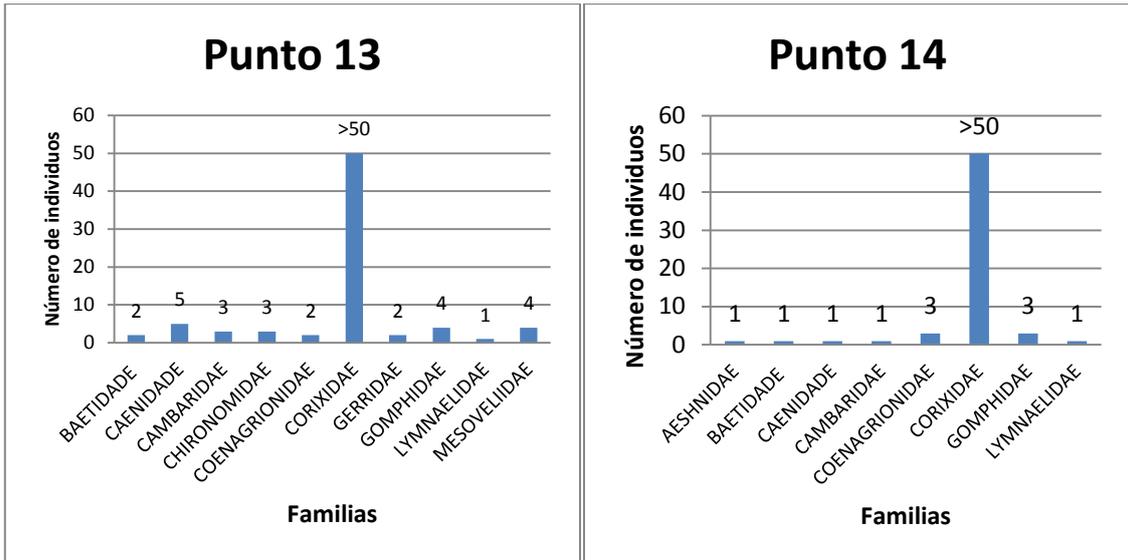
Conjunto de gráficas de distribución por familia, en función del punto de muestreo:



(Continúa en la siguiente página)



(Continua en la siguiente página)



Gráfica 3. Distribución en la cual se muestran el número de individuos clasificados por familias en función de los puntos de muestreo.

#### 4.1.1. Índice IBMWP

Aplicando el protocolo de puntuación del índice IBMWP obtenemos los resultados de la Tabla 17, en la que se muestra el valor total de cada uno de los puntos muestreados. Cada familia recibe la puntuación correspondiente (véase Figura 36), resaltando en color rojo que la presencia de *P. clarkii* es de un valor 0 en este índice.

Tabla 17. Resultados del índice IBMWP.

FAMILIA	PUNTUACIÓN SEGÚN ÍNDICE IBMWP														
	LAGO GRANDE								ENTRE LAGOS	LAGO PEQUEÑO					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CHIRONOMIDAE	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0	2	2	2	0	2
CULICIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
SIMULIDAE	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
THAUMALEIDAE	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAENIDAE	0	4	0	0	4	4	4	4	0	0	0	4	4	4	0
BAETIDAE	0	0	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	0
CORIXIDAE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GERRIDAE	0	3	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	3	0	3
MESOVELIIDAE	0	0	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	3	0	0
AESHNIDAE	0	8	8	0	0	0	0	0	0	8	8	8	0	8	0
COENAGRIONIDAE	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	6	6	6	6
GOMPHIDAE	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	8	0	8	8	8
MOLANNIDAE	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PHILOPOTAMIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
CAMBARIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SPHAERIIDAE	3	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
LYMNAEIDAE	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	3	0	3	3	0
PHYSIDAE	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLANORBIDAE	3	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0
HYDROBIIDAE	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ÍNDICE IBMWP	11	33	39	38	26	31	24	19	32	29	28	33	36	36	22

En la Tabla 18 se muestran los datos obtenidos según el índice IBMWP en función de la localización en la zona del Lago de Carucedo. En el Lago grande obtenemos un valor de 73 puntos que corresponde con una calidad de aguas aceptable, es decir, que son evidentes algunos efectos de contaminación; en la unión entre los lagos obtenemos un valor de 32 puntos que corresponde con una calidad de aguas crítica, es decir, corresponde a aguas muy contaminadas, y por último, el lago pequeño con un valor de 58 puntos, lo cual quiere decir que las aguas están contaminadas.

En cuanto al estado ecológico, el lago grande se encuentra en un estado bueno, el punto de unión entre los lagos posee un estado deficiente y el lago pequeño, aceptable.

**Tabla 18. Puntuación según índice IBMWP en función de la localización en la zona del Lago de Carucedo.**

LAGO DE CARUCEDO		DIFERENCIACIÓN POR ZONAS DEL LAGO		
		LAGO GRANDE	UNIÓN ENTRE LAGOS	LAGO PEQUEÑO
FAMILIA	PUNTUACIÓN IBMWP			
CHIRONOMIDAE	2	2	0	2
CULICIDADE	2	0	2	0
SIMULIDAE	5	5	0	0
THAUMALEIDAE	2	2	0	0
CAENIDADE	4	4	0	4
BAETIDADE	4	4	4	4
CORIXIDAE	3	3	3	3
GERRIDAE	3	3	3	3
MESOVELIIDAE	3	3	3	3
AESHNIDAE	8	8	0	8
COENAGRIONIDAE	6	6	6	6
GOMPHIDAE	8	8	8	8
MOLANNIDAE	10	10	0	0
PHILOPOTAMIDAE	8	0	0	8
CAMBARIDAE	0	0	0	0
SPHAERIIDAE	3	3	0	3
LYMNAEIDAE	3	3	0	3
PHYSIDAE	3	3	0	0
PLANORBIDAE	3	3	3	3
HYDROBIIDAE	3	3	0	0
<b>TOTAL IBMWP LAGO</b>	<b>83</b>	<b>73</b>	<b>32</b>	<b>58</b>
<b>CALIDAD</b>	ACEPTABLE	ACEPTABLE	CRITICA	DUDOSA
<b>ESTADO ECOLÓGICO</b>	BUENO	BUENO	DEFICIENTE	ACEPTABLE

Si consideramos la masa de agua en conjunto, se obtiene un valor de 83 puntos, lo que corresponde a una calidad aceptable y un buen estado ecológico. Es decir, que las puntuaciones bajas en el Lago pequeño y la zona intermedia entre los lagos se deben a la escasez de familias de macroinvertebrados presentes en dichas zonas.

#### 4.1.2. Estructura trófica

En este apartado se muestran en la Tabla 19 los grupos funcionales de cada una de las familias obtenidas en el muestreo de macro invertebrados del Lago de Carucedo.

**Tabla 19. Clasificación de las familias según su grupo funcional.**

INVENTARIO DE MACROINVERTEBRADOS		GRUPOS FUNCIONALES
ORDEN	FAMILIA	
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	Desmenuzador - Raspador
	CULICIDADE	Colector - Filtrador
	SIMULIDAE	Colector - Filtrador
	THAUMALEDIAE	Colector - Filtrador
EPHEMEROPTERA	CAENIDADE	Colector - Recolector
	BAETIDADE	Raspador
HEMIPTERA	CORIXIDAE	Depredador -Taladrador
	GERRIDAE	Depredador -Taladrador
	MESOVELIIDAE	Depredador -Taladrador
ODONATA	AESHNIDAE	Depredador
	COENAGRIONIDAE	Depredador
	GOMPHIDAE	Depredador
TRICHOPTERA	MOLANNIDAE	Depredador
	PHILOPOTAMIDAE	Colector - Filtrador
DECAPODA	CAMBARIDAE	Desmenuzador
VENEROIDA	SPHAERIIDAE	Colector - Filtrador
BASOMMATOPHORA	LYMNAEIDAE	Raspador
	PHYSIDAE	Raspador
	PLANORBIDAE	Raspador
SORBEOCONCHA	HYDROBIIDAE	Raspador

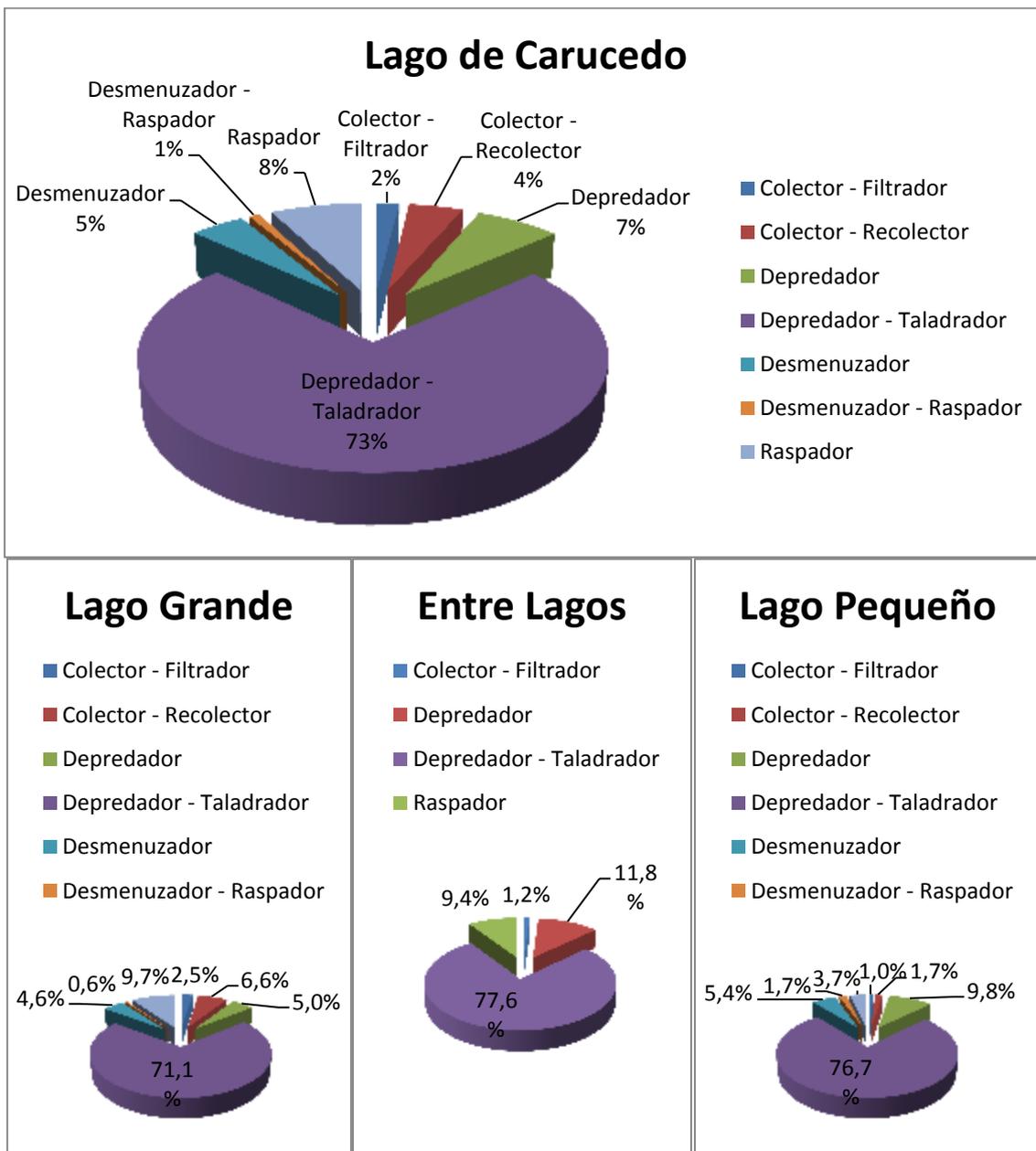
Tras la clasificación de las familias según su estructura trófica o grupo funcional, se realiza la Tabla 20 y la Grafica 4 a modo resumen con el procesado de los datos del muestreo de macroinvertebrados.

En ellas se puede observar que el grupo funcional o grupo trófico de mayor abundancia es el depredador, concretamente depredador-taladrador, seguido del raspador y recolector. El porcentaje en función de la zona, es el siguiente:

• Lago grande:	• Entre lagos:	• Lago pequeño:
Depredadores: 73,6%	Depredadores: 89,4%	Depredadores: 86,5%
Raspadores: 9,7%	Raspadores: 9,4%	Raspadores: 3,7%
Colectores: 9,1%	Colectores: 1,2%	Colectores: 2,7%
Desmenuzadores: 5,2%	Desmenuzadores: 0%	Desmenuzadores: 7,1%

**Tabla 20. Número de individuos que corresponden a cada grupo funcional en el Lago de Carucedo: Lago Grande, Punto medio entre los lagos y Lago Pequeño.**

Grupos Funcionales	Lago Carucedo	Lago Grande	Entre lagos	Lago Pequeño
Colector - Filtrador	23	18	1	4
Colector - Recolector	55	48	0	7
Depredador	86	36	10	40
Depredador - Taladrador	894	515	66	313
Desmenuzador	55	33	0	22
Desmenuzador - Raspador	11	4	0	7



**Gráfica 4. Porcentajes de grupos tróficos en la totalidad del Lago de Carucedo: Lago Grande, Punto medio entre los Lagos y Lago Pequeño.**

Tras observar los resultados obtenidos en cada masa de agua, se puede comprobar que los depredadores, concretamente depredadores-taladradores son los más abundantes, esto es debido a que este tipo de grupo trófico corresponde al orden Hemiptera, el cual obtuvo un mayor número de individuos en el muestreo. Seguido de este grupo trófico, se encuentran recolectores y raspadores, ya que corresponden al segundo orden más abundante, que es Ephemeroptera.

#### 4.2. *Procambarus clarkii*

En el inventario del cangrejo rojo americano se efectúa un conteo de individuos, en el cual se incluyen por punto ejemplares tanto capturados como avistados, obteniendo así la Tabla 21. Con los datos de ejemplares capturados se realiza la Tabla 22, que incluye por un lado los individuos clasificados en función de su tamaño (medido desde el inicio del rostro al telson) y por otro lado, clasificados en función de su sexo.

El número total de cangrejos capturado y avistados es de 55 individuos. Dentro de los individuos capturados, tras realizarse un sexado, se obtiene que el número de machos es de 25 y el de hembras es de 10, además de 6 ejemplares que por no alcanzar la madurez sexual se clasifican como crías.

Por otro lado, refiriéndose al tamaño de los ejemplares se diferencian 3 categorías:

- Individuos < 6 cm. Aquellos que no han alcanzado la madurez sexual, es decir, crías.
- Individuos 6-8 cm. Aquellos que alcanzan la madurez sexual.
- Individuos > 8 cm. Aquellos que alcanzan la madurez sexual, pero tienen un tamaño superior al resto y por tanto un mayor impacto sobre el medio o mayor capacidad para causar daños en el entorno.

Al igual que en el caso del sexado, el número de crías (< 6 cm) es de 6 individuos ya que respeta el mismo criterio de clasificación. El número de individuos entre 6-8 cm es de 20 ejemplares, mientras que los mayores de 8 centímetros son 15.

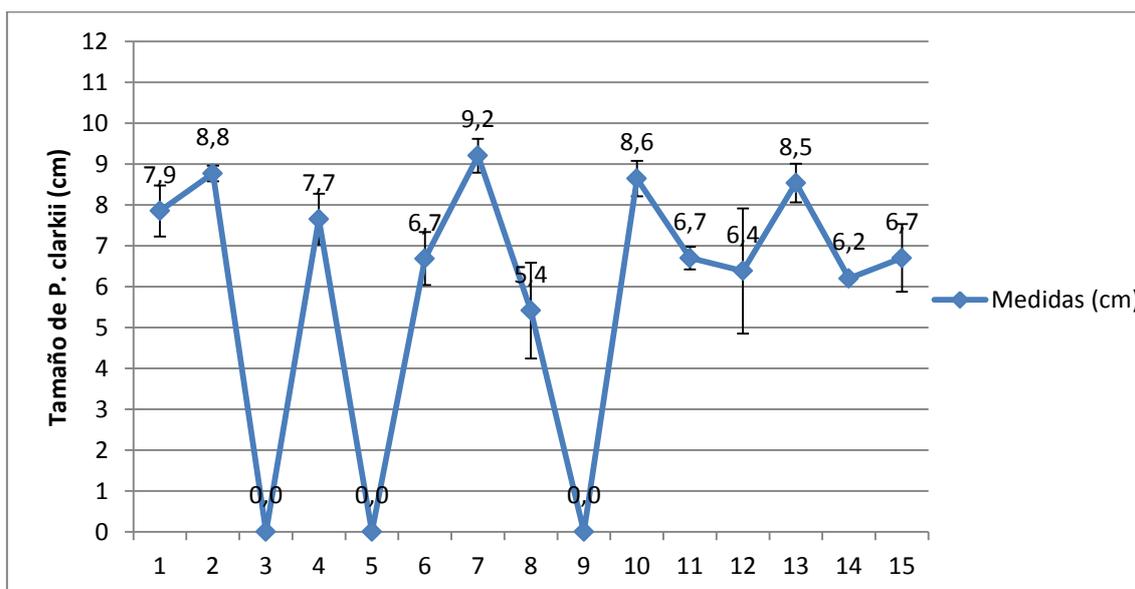
Tabla 21. Inventario de *Procambarus clarkii* en el Lago de Carucedo.

INVENTARIO DE <i>PROCAMBARUS CLARKII</i>				
PUNTO DE MUESTREO		Nº CAPTURAS	Nº AVISTAMIENTOS	Nº TOTAL
LAGO GRANDE	1	2	0	2
	2	3	2	5
	3	0	0	0
	4	2	3	5
	5	0	0	0
	6	6	3	9
	7	2	0	2
	8	8	2	10
ENTRE LAGOS		9	0	0
LAGO PEQUEÑO	10	5	2	7
	11	2	1	3
	12	5	1	6
	13	3	0	3
	14	1	0	1
	15	2	0	2
TOTAL		41	14	55

Tabla 22. Clasificación de los ejemplares de *P. clarkii* según tamaño y sexo.

PUNTO DE MUESTREO	MEDIDAS			SEXO		
	< 6 cm	6 - 8 cm	> 8 cm	MACHOS (♂)	HEMBRAS (♀)	CRÍAS (<6 cm)
1	0	1	1	2	0	0
2	0	0	3	3	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	1	1	2	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	1	5	0	3	2	1
7	0	0	2	2	0	0
8	4	4	0	1	3	4
9	0	0	0	0	0	0
10	0	1	4	4	1	0
11	0	2	0	2	0	0
12	1	3	1	2	2	1
13	0	0	3	3	0	0
14	0	1	0	0	1	0
15	0	2	0	1	1	0
<b>TOTAL</b>	6	20	15	25	10	6
	41			41		

Para una visualización global de los datos tomados en campo, se muestra la Gráfica 5, en la que se representa la media del tamaño de los cangrejos en función del punto de muestreo. Destacan los puntos 7, 2, 10 y 13, todos ellos con una media superior a 8 cm. En los puntos 3, 5 y 9 no se obtienen capturas por ese motivo la media es 0.



Gráfica 5. Tamaño medio de *P. clarkii* por punto de muestreo.

El motivo por el cual los puntos 3,5 y 9 obtienen un valor de cero ejemplares es el siguiente:

- Punto 3. Correspondiente al ubicado en las proximidades de la chopera. Esta zona es muy fangosa y apenas posee agua, es de profundidad muy escasa. Además de esto, es una zona sin vegetación palustre.
- Punto 5. Se debe a la presencia de tortuga de Florida, la cual se comía el cebo situado en los reteles, evitando así que estos cumplieran su función atrayente para el *P. clarkii*.
- Punto 9. En este caso, corresponde al punto intermedio entre ambos lagos. Debido a la sequía estival, en esta zona apenas existe un flujo continuo de agua y la vegetación en este punto es muy escasa.

Con lo que puede entenderse que un nivel de profundidad bajo y una escasa o nula vegetación palustre es algo disuasorio para los ejemplares de *P. clarkii*, pues quedan más expuestos a posibles depredadores u otras situaciones desfavorables.

Por otro lado, los individuos superiores a 8 cm tienen un interés especial por su tamaño, ya que son los que mayores daños o impactos pueden ocasionar sobre la zona además de ser aquellos con mayor capacidad de expansión por no ser tan vulnerables. Los puntos en los que destaca la presencia de estos individuos son el 2,7, y 13 con un 100% de ejemplares superiores a este tamaño, seguidos del punto 10 (80%), punto 1 y 4 con un 50% cada uno y por último el punto 12 con un 20%.

Aquellos con un 80-100% de ejemplares de este tipo son:

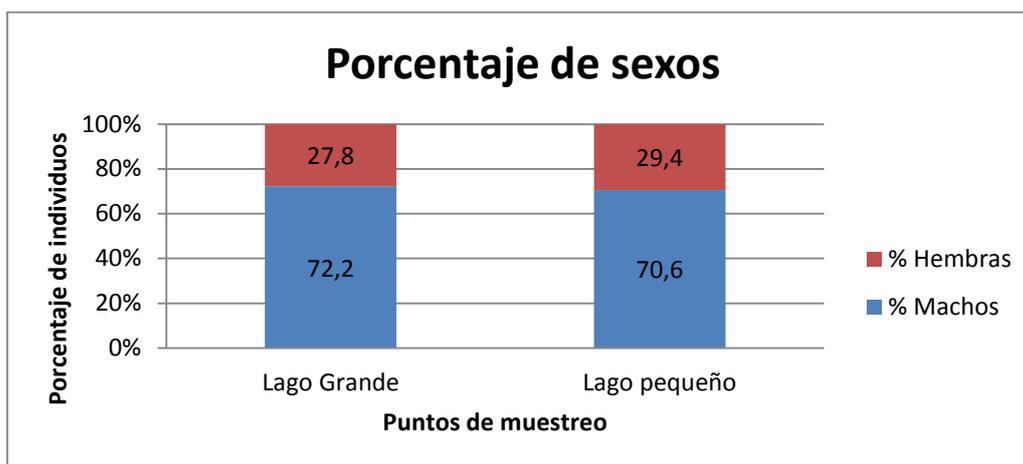
- Punto 2. Con presencia de hendidura, galerías, profundidad media, vegetación muy escasa y en zonas muy soleadas.
- Punto 7. Sin presencia de hendidura, fondo pedregoso, profundidad media, cobertura de vegetación muy alta y zonas de media luz.
- Punto 10. Con presencia de hendidura, galerías, profundidad escasa, vegetación muy escasa y zonas de media luz.
- Punto 13. Sin presencia de hendidura, fondo pedregoso, profundidad media, vegetación escasa y zonas de media luz.

Con estos resultados se puede decir que debido a su tamaño y por consiguiente menor vulnerabilidad, estos individuos se exponen en zonas con poca profundidad o profundidad media, sin la protección aportada tanto por la vegetación semiacuática como la arbórea, además de no ser dependientes de la presencia de hendidura para ocultarse.

#### 4.2.1. Sex-ratio

En la Gráfica 6 se observa el sex-ratio de *P. clarkii* en forma de porcentaje de machos y hembras para el conjunto de puntos muestreado tanto en el Lago Grande como en el Lago Pequeño.

En el Lago grande se obtiene un sex-ratio de **2,6:1**, lo que quiere decir que por cada hembra hay 2,6 machos; y en el Lago pequeño es de **2,4:1**, por lo que en este caso la proporción será de 2,4 machos por cada hembra. No existen por tanto diferencias significativas entre las masas de agua dentro del Lago de Carucedo.



Gráfica 6. Porcentaje de sexos de *P. clarkii* en función de su localización.

Estos datos se pueden contrastar con la Tabla 23 en la cual se muestran los valores de sex-ratio obtenidos en diversos estudios. Se observa entonces que la proporción obtenida es superior a la presente en estos estudios, ya que suele haber un porcentaje similar entre hembras y machos, o incluso tiende a ser superior el de hembras.

En el caso de este estudio, la escasez de hembras debe estar relacionada con el periodo reproductivo, en el cual estas permanecen ocultas hasta el desove. Esto tiene sentido debido a que en los puntos de muestreo en los que ya había crías, el número de hembras es superior respecto a los puntos en los que no se apreciaban las crías.

Tabla 23. Variaciones del sex-ratio según otros estudios y autores. Fuente: Pérez-Bote J. L. et al.

Lugar	Sex ratio (machos: hembras)	Referencia
Portugal (Evora)	Considerable variación a lo largo del año, pero a favor de las hembras en la mayoría de los casos	Adao & Marques (1993)
Portugal (Evas)	Aproximadamente 1: 1	Correia (1990)
Portugal (Coimbra)	Valor medio 0.24	Anastácio (1993)
Portugal (Coimbra)	Valor medio 0.24 con variaciones de 1.43-0.5	Anastacio & Marques (1995)
Portugal (Azores)	1.04	Correia & Costa (1994)
España (Meseta Central)	Entre 0.45-0.65 dependiendo de la talla	Guerra & Niño (1995)
España (Valle del Guadalquivir)	Aproximadamente 1: 2	Gállego & Ocete (1985)
España (Valle del Guadalquivir)	0.71	Cano & Ocete (1997)
USA (Louisiana)	Valor medio 1: 1. El número de hembras desciende en los meses más calurosos	Penn (1943)
USA (Louisiana)	Valor medio 1: 1	Huner (1978)
Costa Rica	0.72	Cabrera Peña (1994)
Japón	Menor de 1. En condiciones de laboratorio los juveniles nacidos tienden a 1:1	Suko (1956)
Kenya	2: 1 en aguas poco profundas. La proporción tiende a 1:1 en aguas profundas	Oluoch (1990)

#### 4.2.2. Parámetros ambientales

En este apartado se evalúan los parámetros ambientales que afectan en la distribución del cangrejo rojo americano definidos en el **Apartado 3.2.2.**

La temperatura obtenida en las fechas del muestreo es de 22,9 a 23,5 °C y el pH es de 7,4 a 7,6 (pH neutro, tendiendo aguas alcalinas). Al obtener unos resultados sin diferencias significativas, no se consideran parámetros influyentes en la distribución del cangrejo rojo.

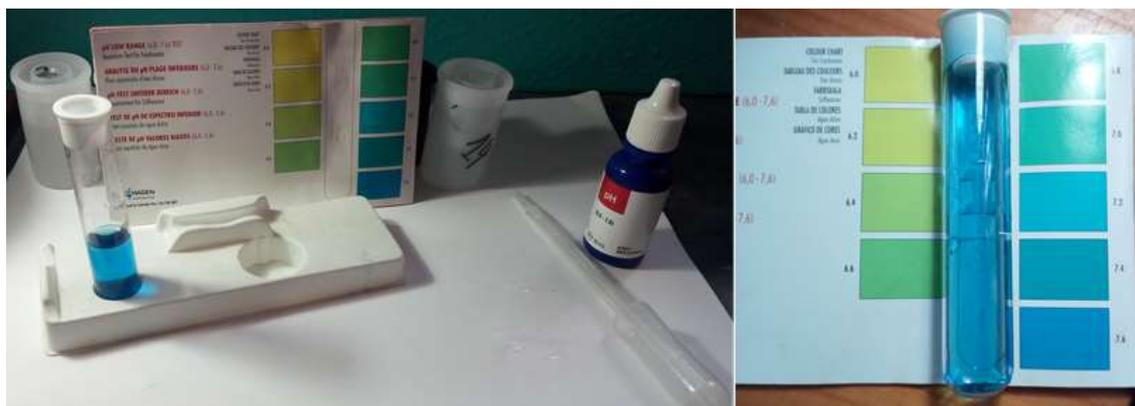


Figura 49. Test Hagen para la obtención de pH.

En la Tabla 24 se clasifican los puntos muestreados en campo en función de los parámetros definidos y considerados como influyentes para el *P. clarkii*.

Tabla 24. Clasificación de los puntos muestreados en función de los parámetros definidos.

	Parámetros ambientales					
	Presencia de Hendidura en la Orilla	Tipo de Fondo acuático	Profundidad	Tipo de vegetación palustre	Macroinvertebrados y calidad de aguas	Exposición sol/sombra
Punto 1	Tipo 1	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2
Punto 2	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Punto 3	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 3	Tipo 1
Punto 4	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 2
Punto 5	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 3
Punto 6	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 2
Punto 7	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 4	Tipo 2	Tipo 2
Punto 8	Tipo 1	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 4	Tipo 2	Tipo 3
Punto 9	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 1
Punto 10	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2
Punto 11	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 2
Punto 12	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2
Punto 13	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 2
Punto 14	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 3	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 3
Punto 15	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2

Entre los parámetros que afectan realmente a la distribución poblacional de *P. clarkii* se destacan los de la Tabla 25. En ella se muestran los valores medios de los datos del muestreo, es decir, proporcionales al número de puntos congregados en cada parámetro y su tipología. Se observan los datos referidos al número de individuos medio de machos, hembras y crías (**SEXO**); los referidos al número de individuos medio que son menores de 6 cm, entre 6-8 cm y mayores de 8 cm (**MEDIDAS**); y los referidos a la media total de individuos por punto que cumplen determinados parámetros ( $\Sigma$ ).

A partir de esta agrupación de puntos en categorías y de datos medios por categoría, se obtienen las Gráficas 7, 8, 9, 10 y 11.

**Tabla 25. Media de individuos por sexo, tamaño y totalidad de individuos ( $\Sigma$ ) en función de los parámetros ambientales que afectan a la distribución de *P. clarkii*.**

PARÁMETROS AMBIENTALES QUE AFECTAN A LA DISTRIBUCIÓN DE PROCAMBARUS CLARKII	SEXO			MEDIDAS (cm)			$\Sigma$
	Nº (♂)	Nº (♀)	Nº CRÍAS	< 6	6 - 8	> 8	
<b>PRESENCIA DE HENDIDURA EN LA ORILLA</b>							
TIPO 1. SIN PRESENCIA DE HENDIDURA	1,0	0,6	0,4	0,4	0,9	0,7	2,2
TIPO 2. CON PRESENCIA DE HENDIDURA	4,0	1,6	0,9	0,9	3,2	2,4	8,8
<b>TIPO DE FONDO ACUÁTICO</b>							
TIPO 1. FONDO NORMAL	0,3	0,7	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
TIPO 2. FONDO PEDREGOSO	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3
TIPO 3. FONDO CON GALERÍAS	2,9	1,2	0,8	0,8	2,4	1,7	6,6
<b>PROFUNDIDAD</b>							
TIPO 1. AGUAS POCO PROFUNDAS	1,3	0,3	0,0	0,0	0,3	1,3	2,3
TIPO 2. AGUAS DE PROFUNDIDAD MEDIA	2,6	1,0	0,7	0,7	2,1	1,5	5,7
TIPO 3. AGUAS PROFUNDAS	0,3	0,7	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
<b>GRADO DE COBERTURA DE LA VEGETACIÓN PALUSTRE</b>							
TIPO 1. VEGETACIÓN MUY ESCASA.	2,0	0,5	0,0	0,0	0,8	1,8	3,5
TIPO 2. VEGETACIÓN ESCASA	1,4	0,6	0,2	0,2	1,0	1,0	2,4
TIPO 3. VEGETACIÓN ABUNDANTE	1,8	0,5	0,3	0,3	2,0	0,3	4,3
TIPO 4. VEGETACIÓN MUY ABUNDANTE	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	1,0	6,0
<b>MACROINVERTEBRADOS Y CALIDAD DE AGUAS</b>							
TIPO 1. PUNTUACIÓN IBMWP < 15	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0
TIPO 2. PUNTUACIÓN IBMWP 16-35	2,2	1,0	0,6	0,6	1,9	1,3	5,1
TIPO 3. PUNTUACIÓN IBMWP 35-60	1,3	0,3	0,0	0,0	0,5	1,0	2,3
<b>GRADO DE COBERTURA DEL ESTRATO ARBÓREO</b>							
TIPO 1. ZONA DE SOMBRA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TIPO 2. ZONA MEDIA LUZ O MEDIA SOMBRA	2,7	1,1	0,7	0,7	2,2	1,6	5,9
TIPO 3. ZONA DE LUZ	0,8	0,3	0,0	0,0	0,3	0,8	1,5

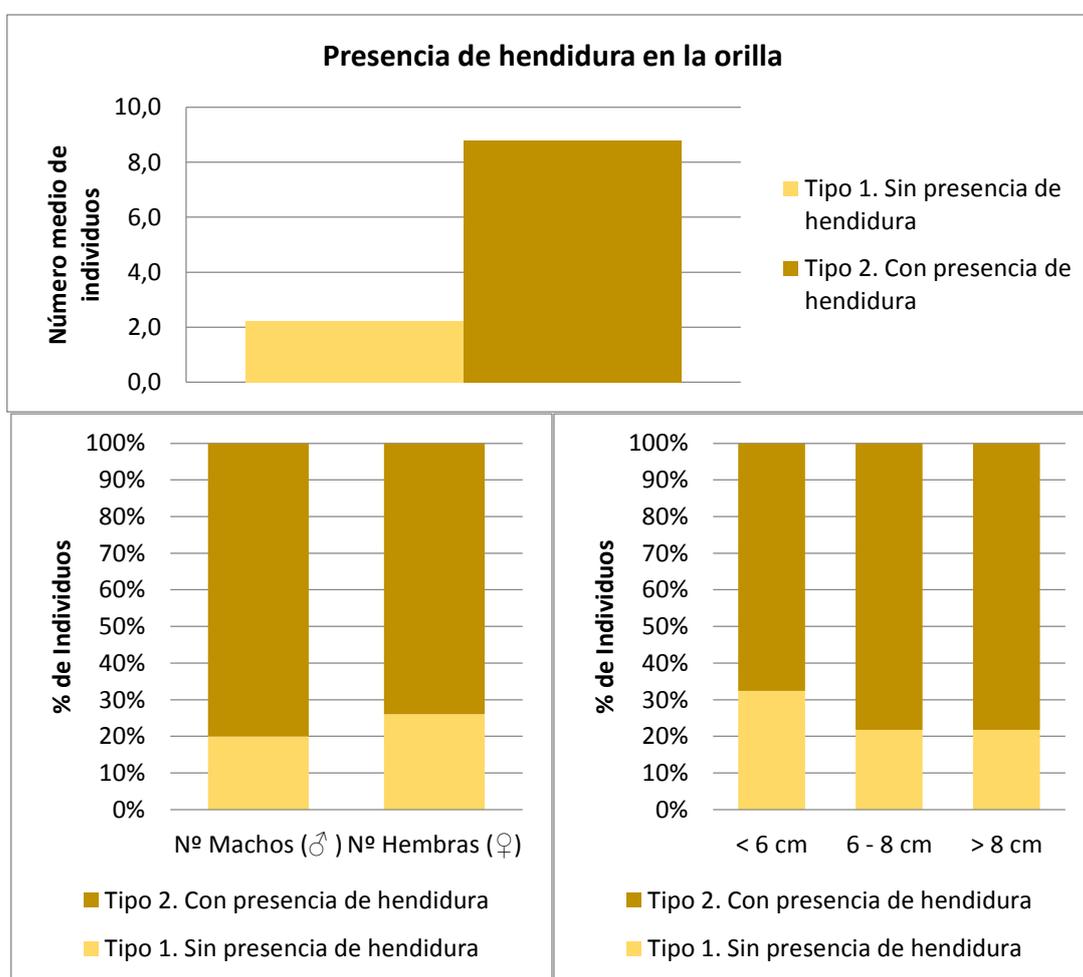
## Presencia de hendidura en la orilla

En la Gráfica 7 se puede observar que la presencia de hendidura o “reborde” afecta de una manera considerable, ya que el número medio de individuos se cuadruplica en las zonas con este parámetro.

En cuanto a la proporción de machos y hembras, apenas se aprecian diferencias significativas entre ellos, el 70-80% se encuentran en zonas con la presencia de hendidura.

En lo que se refiere al porcentaje de crías (69,2%), también es superior en zonas con presencia de este factor, pero ligeramente inferior al porcentaje de adultos (78,1%) presente en estas zonas.

Dadas las condiciones observadas se puede decir que los ejemplares de *P. clarkii* tienden a refugiarse en estas zonas situadas bajo las orillas del borde del Lago de Carucedo. Lo que podría ser un factor a considerar para solventar la expansión de esta especie intentando centrar planes de erradicación en estos puntos.



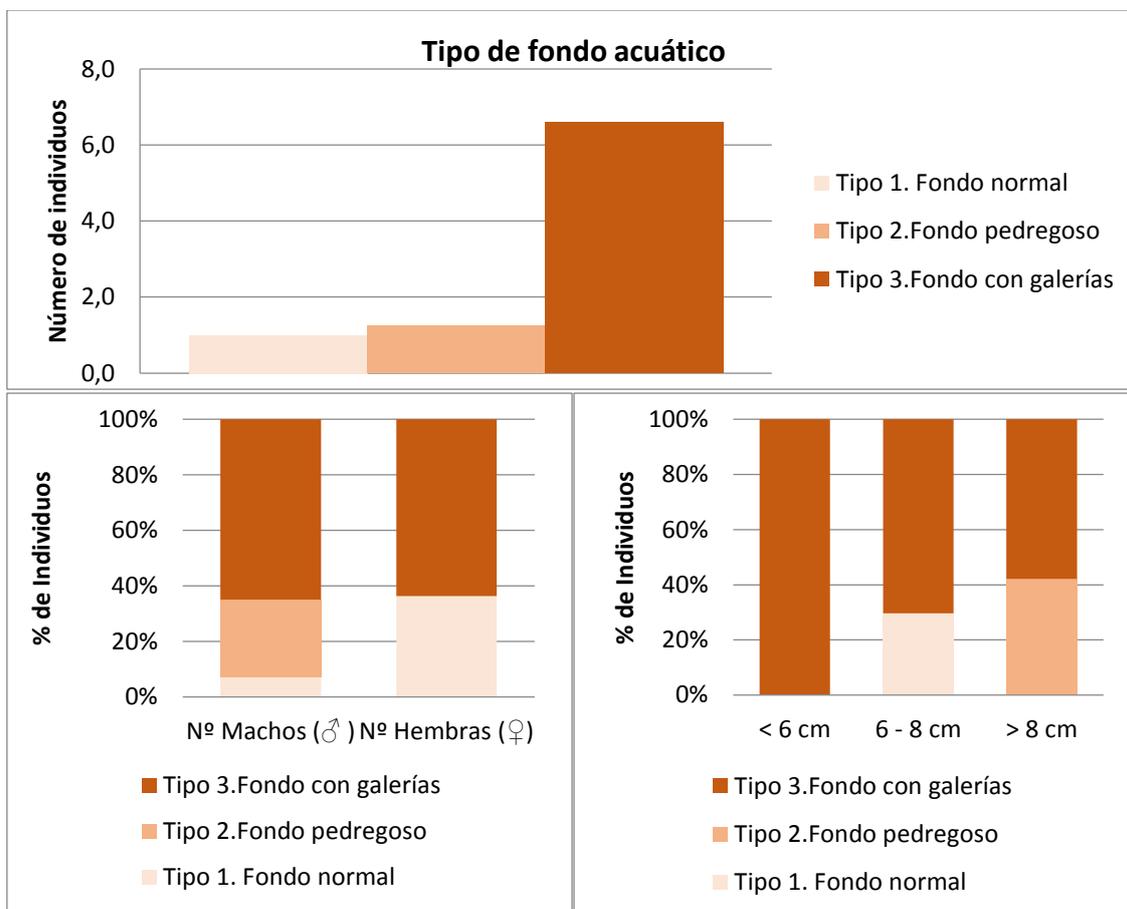
Gráfica 7. Individuos en función de la presencia o no de hendidura en la orilla.

## Tipo de Fondo acuático

En la Gráfica 8, se puede observar que número medio de individuos es seis veces mayor en las zonas con un tipo de fondo con galerías, respecto a las tipologías 1 y 2, entre las cuales no se aprecian diferencias significativas. Lo cual quiere decir que la presencia de galerías es un factor de gran importancia y al igual que se comenta en el parámetro anterior, puede ser usado para concentrar en estos puntos planes de erradicación o trampas para la reducción de esta especie.

Respecto al porcentaje de machos, se encuentra en todos los tipos de fondo, siendo predominante las zonas de fondo con galerías (64,4%), seguidas de fondo pedregoso (28,8%) y por último, de fondo normal (6,8%); mientras que las hembras no se aprecian en fondos rocosos, solamente en zonas de fondo con galerías (63,2%) y fondos normales (36,8%). La escasez o falta de hembras en estas zonas puede estar relacionada con su periodo reproductivo, en el cual estas buscan refugio y quedan ocultas en sus galerías o bajo el fango.

En lo que se refiere al porcentaje de crías, el 100% se encuentra en fondos con galerías, algo normal si se tiene en cuenta que son las zonas de reproducción de esta especie. Los adultos de entre 6-8 cm se encuentra un 70,8% en fondos con galerías y el porcentaje restante en fondos normales, ya que no se registra ningún individuo en fondos pedregosos; sin embargo en los adultos mayores de 8 cm (machos), un 42,6% si prefiere fondos pedregosos. Esto se debe a que diferencia de las hembras, los machos no tienen la necesidad de mantenerse en las galerías en la época reproductiva.



Gráfica 8. Individuos en función de la tipología de fondo acuático.

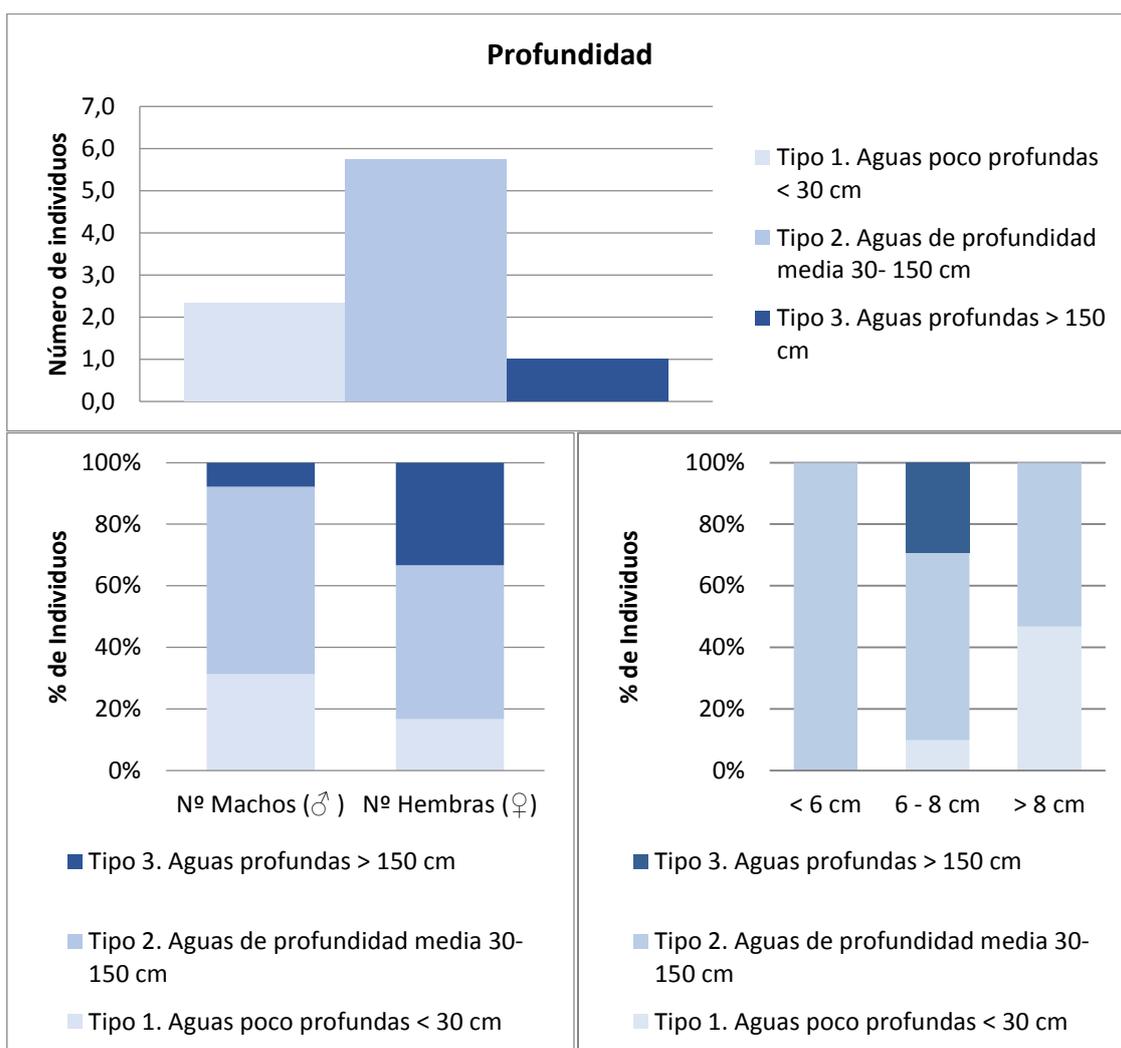
## Profundidad

La Gráfica 9 muestra el número medio de individuos en función de las profundidades presentes. Como se observa, las aguas de profundidad media son la que presentan un mayor número de individuos, duplicando a las aguas poco profundas y 5 veces mayor que las aguas profundas.

En cuanto al porcentaje de machos y hembras la mayoría están presentes en zonas de profundidad media (60%). El resto de machos (31%) prefiere aguas poco profundas, habiendo porcentajes muy bajos en zonas profundas; sin embargo el resto de las hembras (35%) si tienen preferencia por zonas profundas y solo un 15% aguas poco profundas.

Un 100% de las crías se encuentra en aguas de profundidad media. En cuanto a los adultos de entre 6-8 cm prefieren profundidades medias (62%), seguidos de profundas (29%); mientras que los adultos mayores de 8 cm, no se encuentran en aguas profundas, se reparten en aguas poco profundas en un 46% y aguas de profundidad media 54%.

Con los datos anteriores se puede observar de nuevo, que un elevado porcentaje de los ejemplares > 8 cm, se encuentran en zonas más expuestas (poco profundas), mientras que las hembras adultas buscan protección en áreas más profundas.



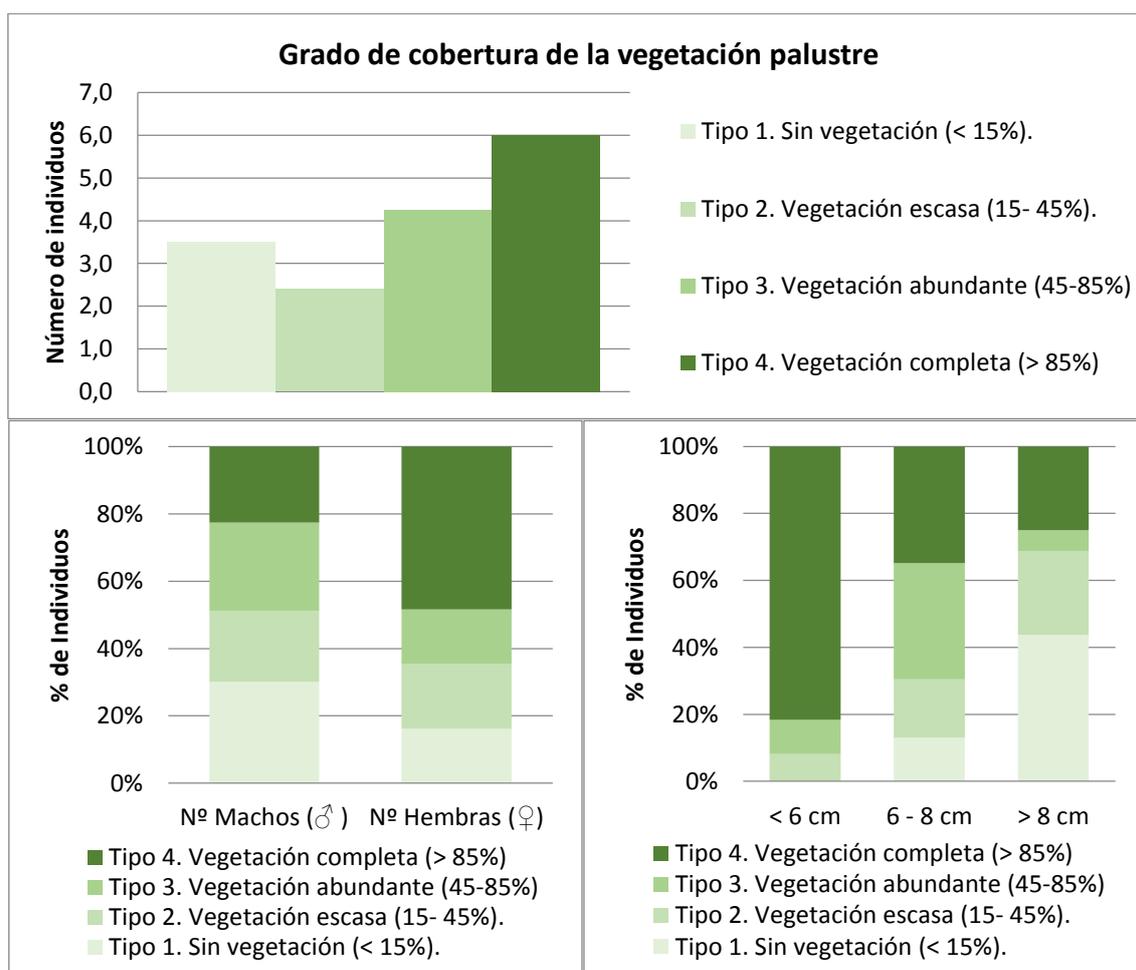
Gráfica 9. Número de individuos en función de las profundidades.

## Vegetación Palustre

En la Gráfica 10 se observa el número medio de individuos en función del grado de cobertura de la vegetación palustre. El número de individuos es superior en las zonas de vegetación abundante y completa, respecto a las zonas sin vegetación o de vegetación escasa. Lo cual indica que la presencia de mayor cobertura de vegetación influye sobre la distribución de esta especie.

El porcentaje de machos y hembras se distribuye de una manera bastante similar, exceptuando en la tipología de vegetación con grado de cobertura completo, en la cual se encuentra el 50% de las hembras y un 23% en el caso de los machos. Si observamos los datos los machos se reparten un 50% en zonas de cobertura escasa y 50% en coberturas abundantes y completas; siendo superior en el caso de las hembras que se reparten en un 36% y 64% respectivamente. Es decir, que las hembras se encuentran más refugiadas que los machos.

Si se visualiza el número de crías, un 81% se encuentra en zonas con cobertura completa y un 12% con cobertura abundante, dato relevante ya que buscan zonas de protección y refugio. Los adultos de entre 6-8 cm, también se concentran en zonas del tipo 3 y 4, en un 70%; mientras que en el caso de los adultos mayores de 8 cm, ocurre lo contrario, un 70% se encuentra en zonas sin cobertura o de cobertura escasa. Es decir, que otra vez los individuos más desarrollados se encuentran en zonas más expuestas.



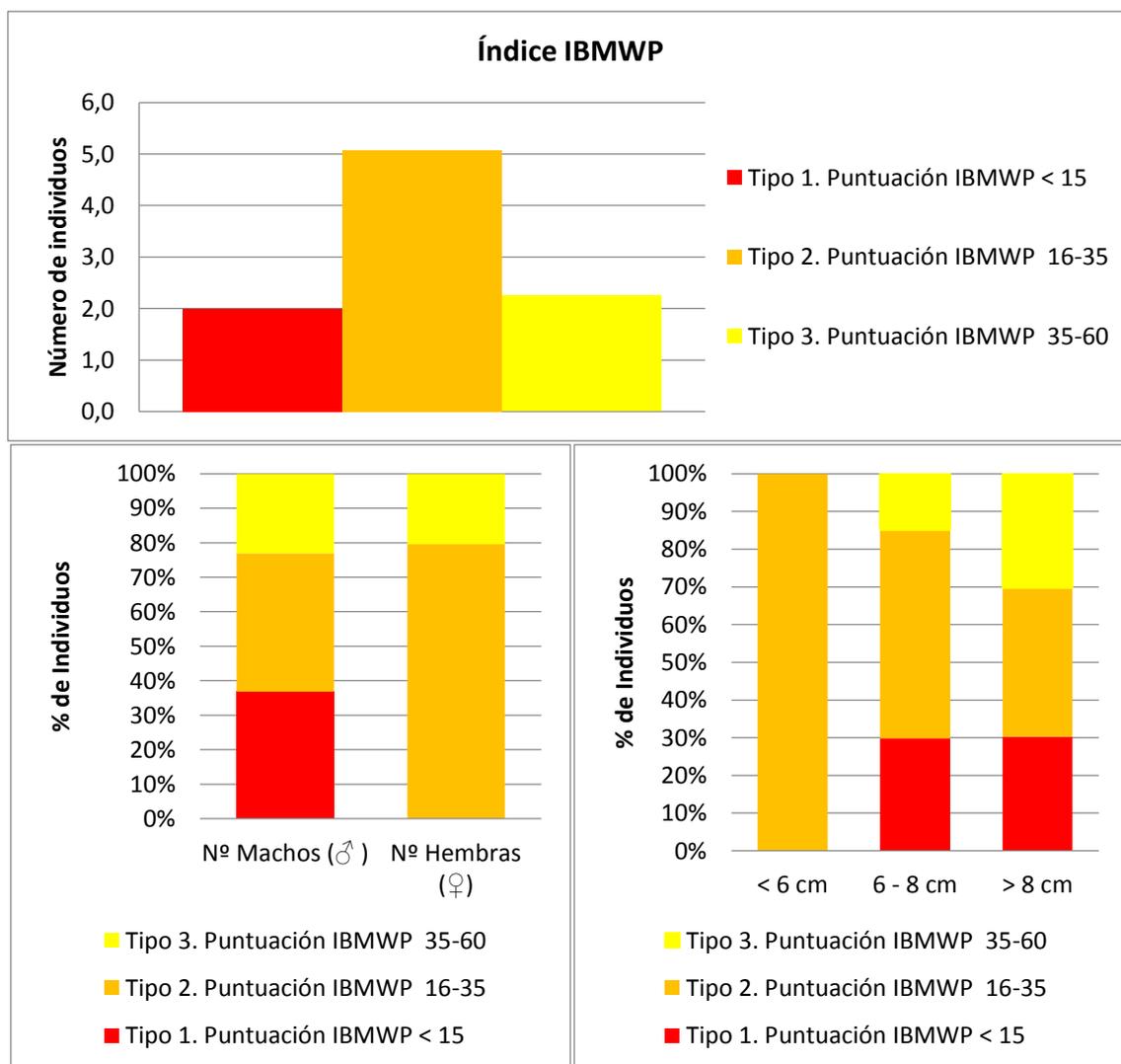
Gráfica 10. Número de individuos en función del grado de cobertura de la vegetación palustre.

## Índice IBMWP o Calidad de aguas.

La Gráfica 11, muestra el número medio de individuos en función de las calidades de agua dadas por las puntuaciones del índice IBMWP. El número de individuos se concentra en las zonas con una puntuación IBMWP de 16-35, que equivale a una calidad de agua crítica, es decir, contaminada. Mientras que el resto de individuos se encuentran divididos en zonas con una puntuación de 35-60 (calidad dudosa) y zonas con una puntuación menor de 15 (calidad muy crítica). Es decir, que el *P. clarkii*, no es una especie exigente en cuanto a calidad de aguas.

Respecto a la proporción de machos y hembras, un aspecto que llama la atención es que no se encuentran hembras en las zonas con puntuación más baja o aguas muy contaminadas. Esto coincide con el porcentaje de crías, las cuales el 100% se encuentran en zonas con una puntuación de 16-35. Esto se puede relacionar con que las hembras buscan zonas con una mejor calidad del agua a la hora de reproducirse.

Respecto a los adultos, la proporción de individuos en los diferentes tipos de calidades, no tiene diferencias significativas; solamente cabe resaltar que los adultos presentes en zonas muy contaminadas son únicamente machos, independientemente de su tamaño.



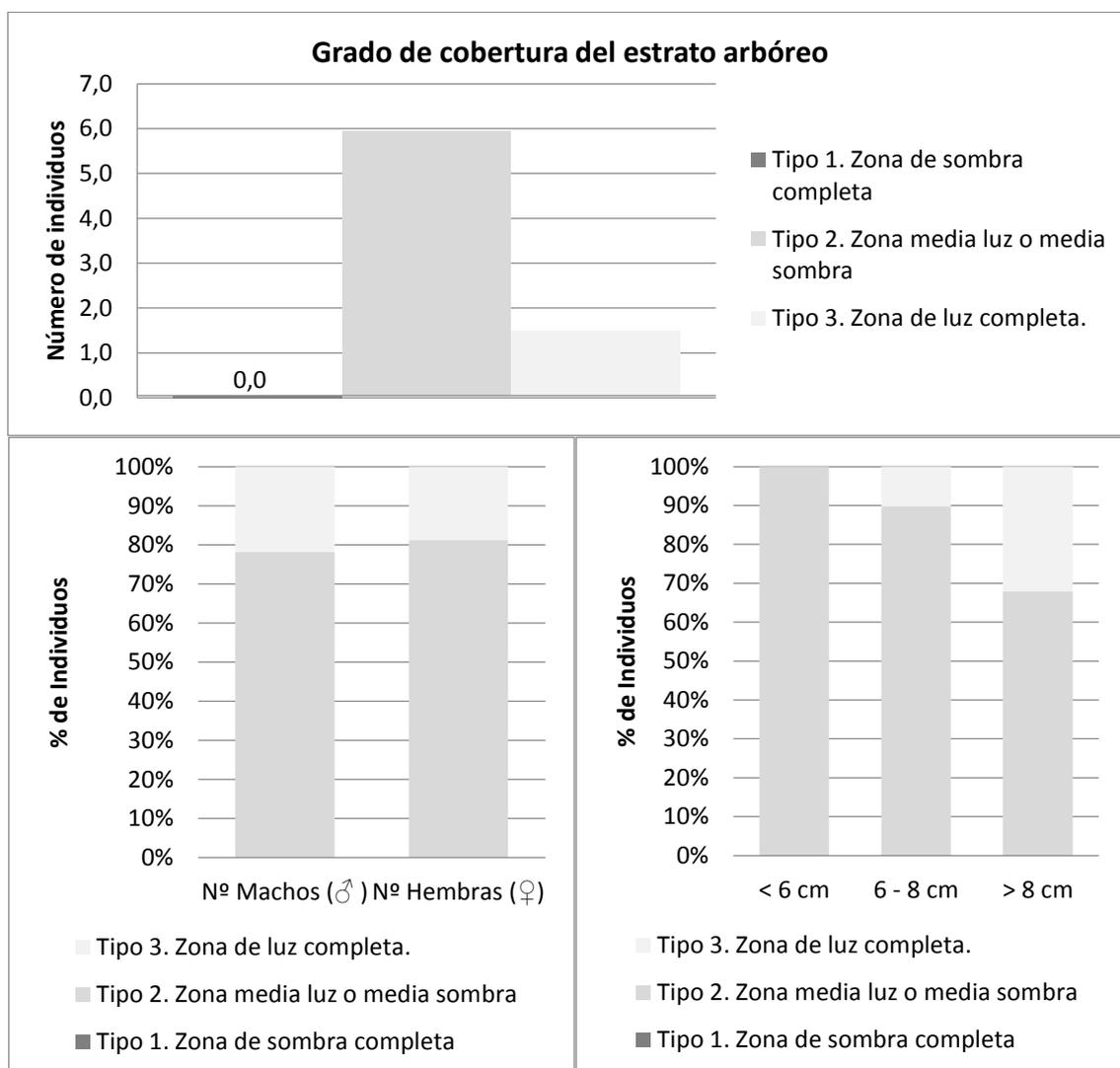
Gráfica 11. Número de individuos en función de la calidad de agua dada por la puntuación del índice IBMWP.

## Exposición sol/sombra

En la Gráfica 12 se observa el número medio de individuos en función del grado de cobertura del estrato arbóreo presente en la zona. Destacar que no se observan individuos en las zonas de sombra completa o cobertura > 80%. El número de individuos en la zona de media luz o media sombra casi cuadruplica al número de individuos que se encuentran en zonas de luz completa.

En cuanto al porcentaje de machos y hembras, en ambos casos son muy similares, ambos se encuentran en torno al 80%, con lo que no presentan diferencias significativas.

En el caso de las crías, el 100% de los individuos se concentra en zonas tipo 2 o de cobertura entre 20-80 %. En el caso de los adultos, también se obtienen porcentajes elevados de presencias en zonas del tipo 2, pero un 33,3% de los adultos mayores de 8 cm corresponde con zonas de luz completa, es decir, que vuelven a encontrarse más expuestos que los cangrejos de menor tamaño.



Gráfica 12. Número de individuos en función del grado de cobertura proporcionado por el estrato arbóreo.

## 5. CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes derivadas del presente estudio son:

- Respecto a los macroinvertebrados, se han obtenido resultados significativos en el Lago de Carucedo.

1. Los grupos más abundantes pertenecen al orden Hemiptera, destacando las familias Corixidae y Gerridae; seguido del orden Ephemeroptera, con la familia Baetidae; y del orden Odonata con la familia Coenagrionidae.
2. El índice IBMWP indica que la calidad de agua en este lago es aceptable y el estado ecológico es bueno, aunque la calidad de cada punto muestreado desciende debido al escaso número de familias encontrado.
3. La estructura trófica ordenada de mayor a menor presencia, es la siguiente: depredadores (taladradores), representados principalmente por Hemiptera; seguido de desmenuzadores (raspadores) con Ephemeroptera; y de colectores (recolectores) con Ephemeroptera y Diptera.

- Respecto al cangrejo rojo.

4. No se ha detectado la presencia de *P. clarkii* en el embalse de la Campañana, por lo que se considera que actúa como barrera física impidiendo la expansión de esta especie en las aguas del embalse y sus arroyos.
5. El periodo reproductivo, en el que las hembras permanezcan refugiadas hasta el desove, afecta al sex-ratio de *P. clarkii* ya que en el Lago de Carucedo se obtiene una proporción superior al doble de machos sobre hembras, cosa que difiere de la mayoría de estudios contrastados.
6. Los individuos de *P. clarkii* de tamaño superior a 8 cm, tienen mayor distribución, lo cual se encuentra relacionado con su menor vulnerabilidad frente a la depredación, permitiendo así la expansión de estos ejemplares.
7. Las hembras y las crías de *P. clarkii*, determinan una relación con la época reproductiva de las mismas, pues la gran mayoría se encuentran en zonas refugiadas, protegidas, y con una mayor calidad de agua según el índice IBMWP.
8. Los parámetros ambientales que representan una mayor influencia en la distribución de *P. clarkii* en el lago son: los fondos con presencia de galerías, la presencia de hendiduras en la orilla y la presencia de mayor cobertura de vegetación palustre.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Acedo, C. y Llamas, F. (2007). *Catálogo de plantas alóctonas en la provincia de León (NW España)*. Pg. 68, 69, 74, 79, 83, 87. [Disponible en la web:

[https://gedos.usal.es/jspui/bitstream/10366/56395/1/SB\\_2006\\_N25\\_P63.pdf](https://gedos.usal.es/jspui/bitstream/10366/56395/1/SB_2006_N25_P63.pdf); Consultado 21-10-2017].

Agencia Estatal de Meteorología, Aemet (2012). *Guía resumida del clima en España (1981-2010)*. [Disponible en la web:

<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=1549&k=cle>; Consultado 26-09-2017.]

Alba Tercedor, J. y Sánchez Ortega, A. (1988). *Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hallawell (1978)*. Limnética (4) pp. 51- 56.

Alba Tercedor, J., Jáimez Cuéllar P. Álvarez, M. Avilés, J., Bonada, N. Casas, J., Mellado, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Robles, S., Sáinz Cantero, C.E., Sánchez Ortega, A., Suárez, M.L., Toro, M., Vidal-Abarca, M.R., Vivas, S., Zamora Muñoz, C. (2004). *Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP antes BMWP'*. Limnética, 21(2002). (21) pp. 175-185

Álvarez Miguel, L. (2013). Proyecto Fin de Grado: “*Estudio de la caracterización biológica de macroinvertebrados del río Burbia (León)*”.

Andramunio Acero, C. y Caraballo, P. (2012). *Análisis de las relaciones tróficas en un lago de inundación de la amazonia colombiana*. Rev. Colombiana Cienc. Anim. 4(1) pp. 102-120.

Animal Diversity Web (2000). *Lymnaeidae (On-line)*. [Disponible en la web:

<http://animaldiversity.org/accounts/Lymnaeidae/>; Consultado 28-09-2017].

Cano, E. y Ocete, M.E. (2000). *Tamaño medio y ecología reproductiva de Procambarus clarkii Girard (1852) (Decapoda, Cambaridae) en las marismas del bajo Guadalquivir*.

Castilla y León (2013). “Ley 9/2013, de 3 de diciembre, de Pesca de Castilla y León”, *Boletín Oficial de Castilla y León, 3 de diciembre de 2013* (239) pp. 80513

Castilla y León (2016). “ORDEN FYM/1079/2016, de 19 de diciembre, por la que se establecen las Normas Reguladoras de la Pesca en la Comunidad de Castilla y León para el año 2017”, *Boletín Oficial de Castilla y León, 19 de diciembre de 2016* (248) pp. 58334-58340. [Disponible en la web: <http://bocyl.jcyl.es/boletines/2016/12/28/pdf/BOCYL-D-28122016-1.pdf>; Consultado 05-11-2017.]

Chinery, M. (2001): *Guía de los insectos de Europa*. Ediciones Omega S.A. Barcelona.

Cole, G.A. (1988). *Manual de limnología*. Editorial: Hemisferio Sur S.A., Buenos Aires, Argentina.

- Cummins, K. W. y Klug, M. J. (1979). *Feeding Ecology of Stream Invertebrates*. Ann. Rev. Ecol. Syst. (10) pp. 147-72. [Disponible en la web: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.es.10.110179.001051>; Consultado 14-10-2017].
- Dery, B (2005). *Morfología de un cangrejo de río*. [Disponible en la web: <https://infovisual.info/es/biologia-animal/cangrejo-de-rio>; Consultado 14-10-2017].
- Ferru, M. y Fierro, P. (2015). *Estructura de macroinvertebrados acuáticos y grupos funcionales tróficos en la cuenca del río Lluta, desierto de Atacama, Arica y Parinacota, Chile. Idesia (Arica)*, 33(4), pp. 47-54. [Disponible en la web: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000400007>; Consultado 30-09-2017].
- Franco Sustaita, M.K. (2014). Tesis doctoral: “*Morfometría, distribución actual y potencial en el norte de México del acocil rojo Procambarus clarkii (Girard, 1852) (Crustacea: Cambaridae)*”.
- Gherardi, F. (2008). *Invasión del cangrejo rojo en España*. [Disponible en la web: <https://sites.google.com/site/cangrejorojoamericano/>; Consultado 14-10-2017].
- Goitia, C. (2010). *Ecosistemas Lenticos*. Pg 1-12. [Disponible en la web: <https://es.slideshare.net/carlos2do/tema-2-ecosistemas-lenticos> ;\_Consultado 12-10-2017].
- González González, M.A. y Cobo Gradín, F. (2006) *Macroinvertebrados de las aguas dulces de Galicia*. Editado por Hércules Ediciones.
- Hanson, P., Springer, M. y Ramirez, A. (2010). *Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuático*. Rev. biol. trop. vol.58 suppl.4 San José Dec. (2010). [Disponible en la web: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800001](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001); Consultado 27-09-2017].
- Herrero Barredo, T. (2014). Tesis doctoral: “*Impacto de los drenajes ácidos en los ecosistemas acuáticos producidos por la minería del carbón en el Bierzo: bioacumulación de metales pesados y evolución de las comunidades biológicas*”.
- Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (2010). *Datos agro-climáticos por población*. [Disponible en la web: [http://www.inforiego.org/opencms/opencms/info\\_meteo/construir/poblacion/index.html](http://www.inforiego.org/opencms/opencms/info_meteo/construir/poblacion/index.html); Consultado 26-09-2017.]
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. (2007). *Base referencial mundial del recurso suelo*. Pg 74-76. [Disponible en la web: <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>; Consultado 28-09-2017].
- Jáimez Cuéllar, P., Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., Avilés, J., Casas, J., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Sáinz-Cantero, C., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M. L., Toro, M., Vidal-Abarca, M. R., Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. (2004). *Protocolo GUADALMED (PRECE)*. Limnética, 21(2002) (21) pp. 187-204.

Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (2006). *Cangrejo rojo americano, ficha de actuaciones en Andalucía de la especie exótica invasora*. [Disponible en la web:

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/porta/web/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=83b9f9cd6168b210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=7b5cb2c42f207310VgnVCM2000000624e50aRCRD>; Consultado 30-09-2017].

Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (1994). *Catálogo de zonas húmedas de Castilla y León. (1993)*. Pg. 48-55. [Disponible en la web: [http://www.jcyl.es/junta/cma/20101221\\_Catalogo\\_zonas\\_humedas\\_leon.pdf](http://www.jcyl.es/junta/cma/20101221_Catalogo_zonas_humedas_leon.pdf); Consultado 17-09-2017].

Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. (2016). *Orden FYM/1079/2016, de 19 de diciembre por la que se establecen las Normas Regulatoras de la Pesca en la Comunidad de Castilla y León para el año 2017*. [Disponible en la web: <https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1144330344081/>; Consultado 16-10-2017].

Lago Macía, J. (2010). *Procli*. [Disponible en la web: <http://www.uhu.es/03009/procli/procli11.php>; Consultado 27-09-2017.]

Leonor Fidalgo, M., Paulo Carvalho A. y Santos, P. (2001). *Population dynamics of the red swamp crayfish, Procambarus clarkii (Girard, 1852) from the Aveiro region, Portugal (Decapoda, Cambaridae)*. [Disponible en la web: [https://www.researchgate.net/publication/249580728\\_Population\\_Dynamics\\_of\\_the\\_red\\_swamp\\_crayfish\\_Procambarus\\_clarkii\\_Girard\\_1852\\_from\\_the\\_Aveiro\\_region\\_Portugal\\_Decapoda\\_Cambaridae](https://www.researchgate.net/publication/249580728_Population_Dynamics_of_the_red_swamp_crayfish_Procambarus_clarkii_Girard_1852_from_the_Aveiro_region_Portugal_Decapoda_Cambaridae); Consultado 05-11-2017].

Loureiro, T.G., Anastácio, P.M.S.G., Araujo, P.B., Souty Grosset, C., Almerão, M.P. (2015). *Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion*. Nauplius (23) pp. 1-19. [Disponible en la web: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-64972015000100002&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-64972015000100002&lng=en&tlng=en); Consultado 15-10-2017].

Martín Vidales, E. (2009). *Lagos. Variación de la temperatura durante el año*. Pg 1-7. [Disponible en la web: <https://www.slideshare.net/emartinvidales/lagos-2386733/5?smtNoRedir=1>; Consultado 17-10-2017].

Miguélez, D., Gallego, R. y Fernández, R. (2012). *Presencia de Emys orbicularis en el Monumento Natural de Las Médulas, León*. [Disponible en la web: [http://www.herpetologica.org/BAHE/BAHE23\(1\)\\_Dist06.pdf](http://www.herpetologica.org/BAHE/BAHE23(1)_Dist06.pdf); Consultado 05-11-2017].

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2008). *Términos municipales incluidos en Red Natura 2000 (áreas LIC y ZEPA) de Castilla y León*. Pg 17. [Disponible en la web: [http://rednatura.jcyl.es/natura2000/BASE%20DATOS/municipios%20en%20lic%20y%20zepa\\_imprimir.pdf](http://rednatura.jcyl.es/natura2000/BASE%20DATOS/municipios%20en%20lic%20y%20zepa_imprimir.pdf); Consultado 01-10-2017].

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2011). *Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas*. [Disponible en la web: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-3582> ; Consultado 11-10-2017].

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013). *Protocolo de cálculo del índice IBMWP código: ibmwp-2013*. [Disponible en la web: [http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/IBMWP-2013\\_24\\_05\\_2013\\_tcm7-177549.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/IBMWP-2013_24_05_2013_tcm7-177549.pdf); Consultado 09-10-2017.]

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013). *Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras se refuerza la protección del medio natural y la biodiversidad en España*. [Disponible en la web: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-8565-consolidado.pdf> ; Consultado 03-10-2017].

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *ID-Tax - Invertebrados*. [Disponible en la web: [http://eportal.mapama.gob.es/id\\_tax/listado/3](http://eportal.mapama.gob.es/id_tax/listado/3); Consultado 01-10-2017].

Ministerio de Medio Ambiente (2007). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro*.

Moreta Pozo, J.C. (2008). *La eutrofización de los lagos y sus consecuencias*. Ibarra 2008. Pg 8-9. [Disponible en la web: [http://www.academia.edu/1439928/La\\_eutrofizaci%C3%B3n\\_de\\_los\\_lagos\\_y\\_sus\\_consecuencias](http://www.academia.edu/1439928/La_eutrofizaci%C3%B3n_de_los_lagos_y_sus_consecuencias). Ibarra 2008; Consultado 12-10-2017].

Muca, P. (2013). *Procambarus clarkii (Cangrejo americano)*. [Disponible en la web: <http://www.pezadicto.com/procambarus-clarkii-cangrejo-de-rio-americano/>; Consultado 14-10-2017].

Natura Spain (2017). *Naturaleza, espacios naturales, flora y fauna de Carucedo (León)*. [Disponible en la web: <http://www.naturaspain.com/naturaleza-flora-y-fauna-en-el-municipio-de-carucedo.html> Consultado 01-12-2017].

Penas Merino, Á., García González, M. E., Herrero Cembrano, L. (1990). *ATLAS DE LEON (2000)*. Editado por García, S. La crónica, el Mundo. Pg. 117-119.

Penas Merino, Á., García González, M. E., Herrero Cembrano, L. (1990). *Atlas del Medio Natural de la provincia de León (1995)*. Pg 23-29.

Pérez Bote, J. L., Pula, H. J. y Cascos, G. (2000). *Distribución del cangrejo rojo Procambarus clarkii Girard, 1859 (Decapoda, Cambaridae) en Extremadura*. [Disponible en la web: <http://graellsia.revistas.csic.es/index.php/graellsia/article/view/311>; Consultado 03-11-2017].

Poppe, G. T., Tagaro, S.P., Stahlschmidt, P. (2015). *New Shelled Molluscan Species from the Central Philippines I*. (3) pp.15-59.

Reynaga, M.C. (2009). *Hábitos alimentarios de larvas de Trichoptera (Insecta) de una cuenca subtropical*. *Ecol. austral* (19) pp. 207-214. [Disponible en la web: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2009000300004](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2009000300004); Consultado 27-09-2017].

Rico Sánchez, A. E., Rodríguez Romero, A.J., López López, E., y Sedeño Díaz, J.E. (2014). *Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo (México)*. Revista de Biología Tropical, 62(2), pp.81-96.

[Disponible en la web: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442014000600006&lng=en&tlng=es;](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600006&lng=en&tlng=es;) Consultado 13-11-2017].

Rivas Martínez, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Pg. 99-102.

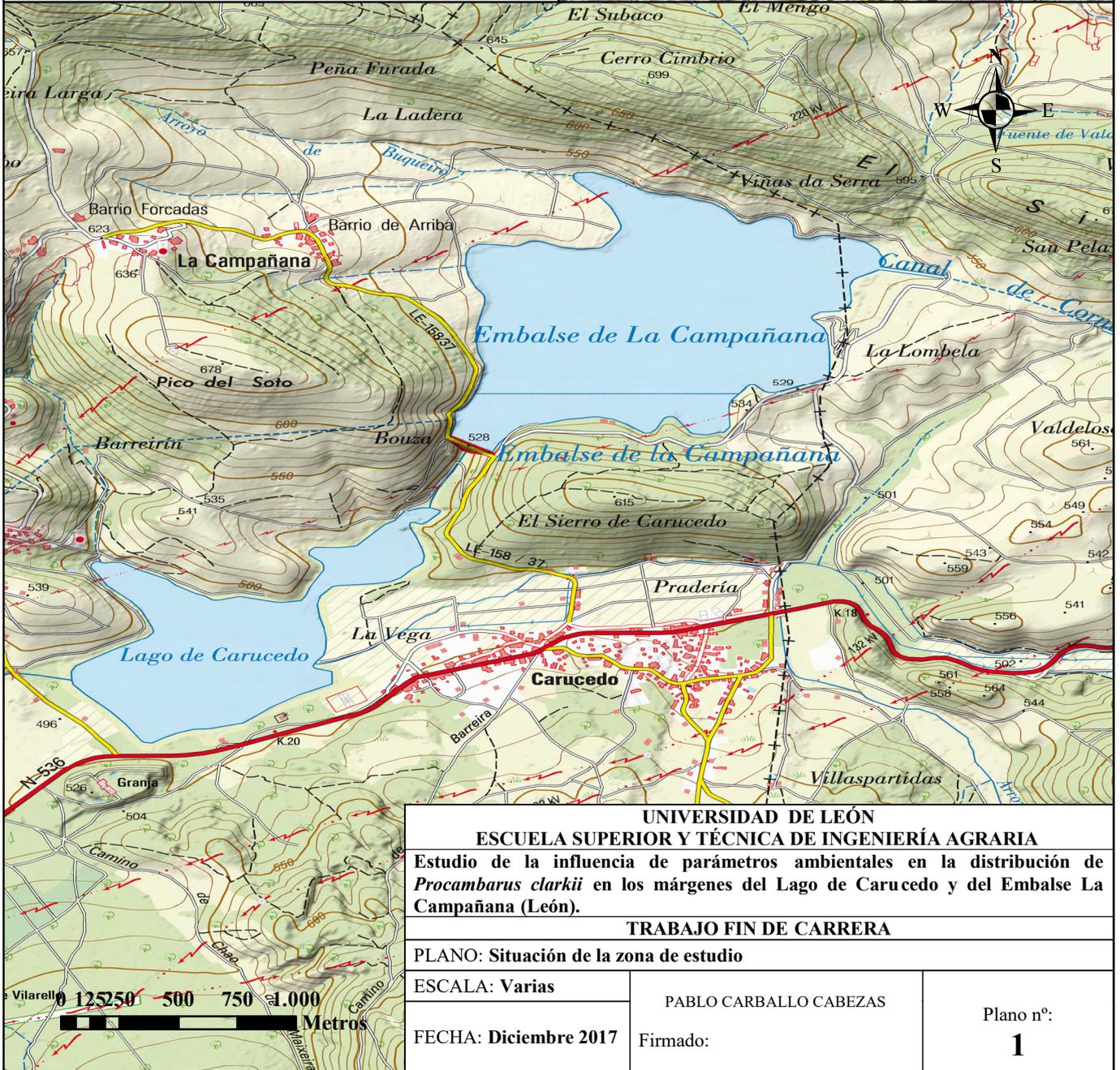
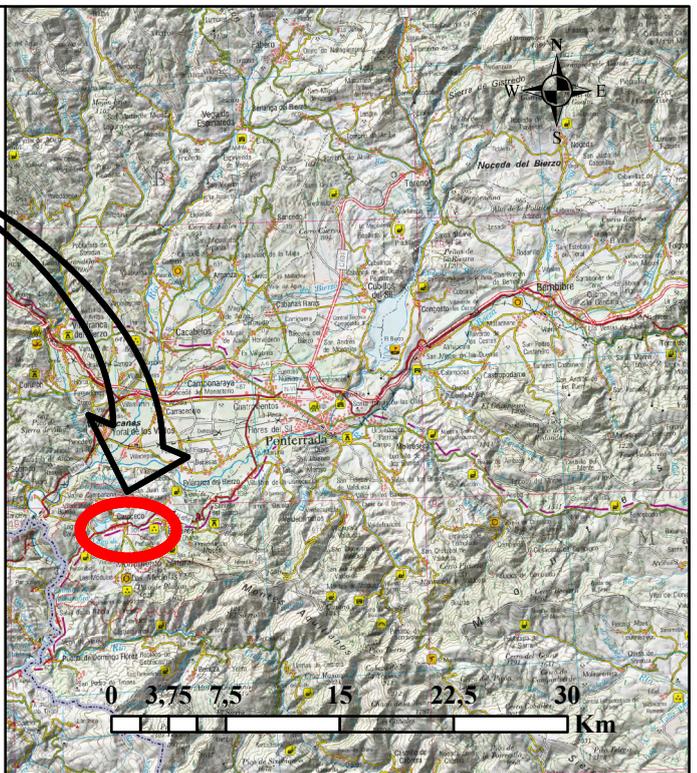
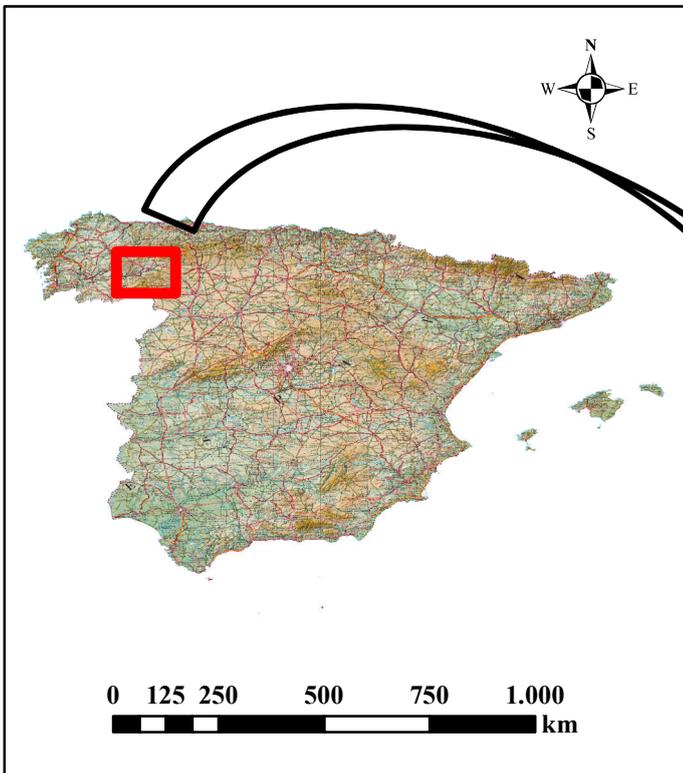
[Disponible en la web: [https://floramontiberica.files.wordpress.com/2012/09/mapa\\_series\\_vegetacion\\_1987.pdf;](https://floramontiberica.files.wordpress.com/2012/09/mapa_series_vegetacion_1987.pdf) Consultado 23-10-2017].

Rivera Usme, J.J., Pinilla Agudelo, G., Camacho Pinzón, D.L. (2013). *Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia*. Acta Biológica Colombiana (18)–2. pp. 279-292. [Disponible en la web:

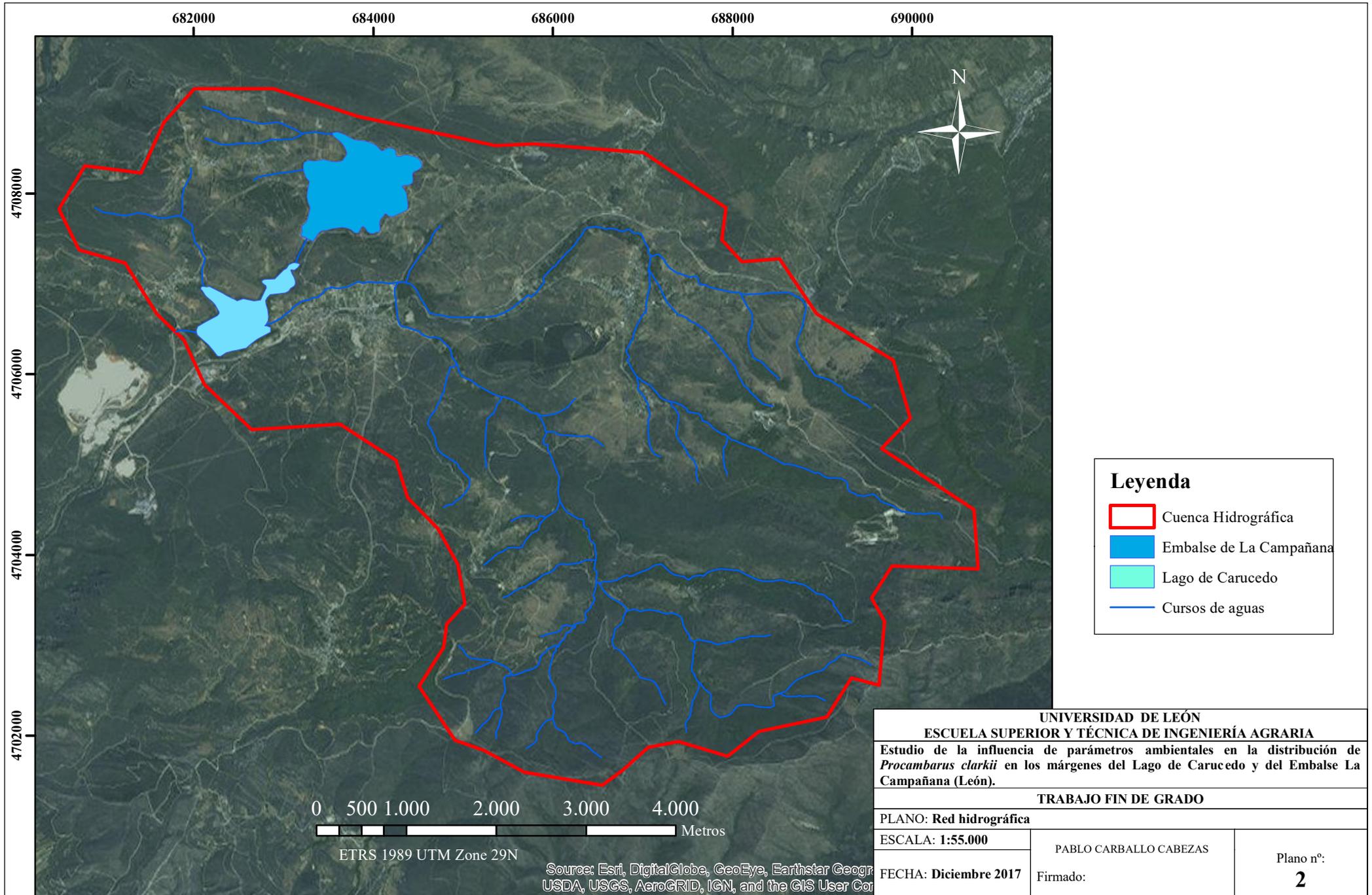
[http://www.redalyc.org/pdf/3190/319028011005;](http://www.redalyc.org/pdf/3190/319028011005) Consultado 13-11-2017].

# DOCUMENTO 2

## PLANOS



<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> <b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIERÍA AGRARIA</b>		
Estudio de la influencia de parámetros ambientales en la distribución de <i>Procambarus clarkii</i> en los márgenes del Lago de Carucedo y del Embalse La Campañana (León).		
<b>TRABAJO FIN DE CARRERA</b>		
PLANO: Situación de la zona de estudio		
ESCALA: Varias	PABLO CARBALLO CABEZAS	Plano nº: <b>1</b>
FECHA: Diciembre 2017	Firmado:	



**Leyenda**

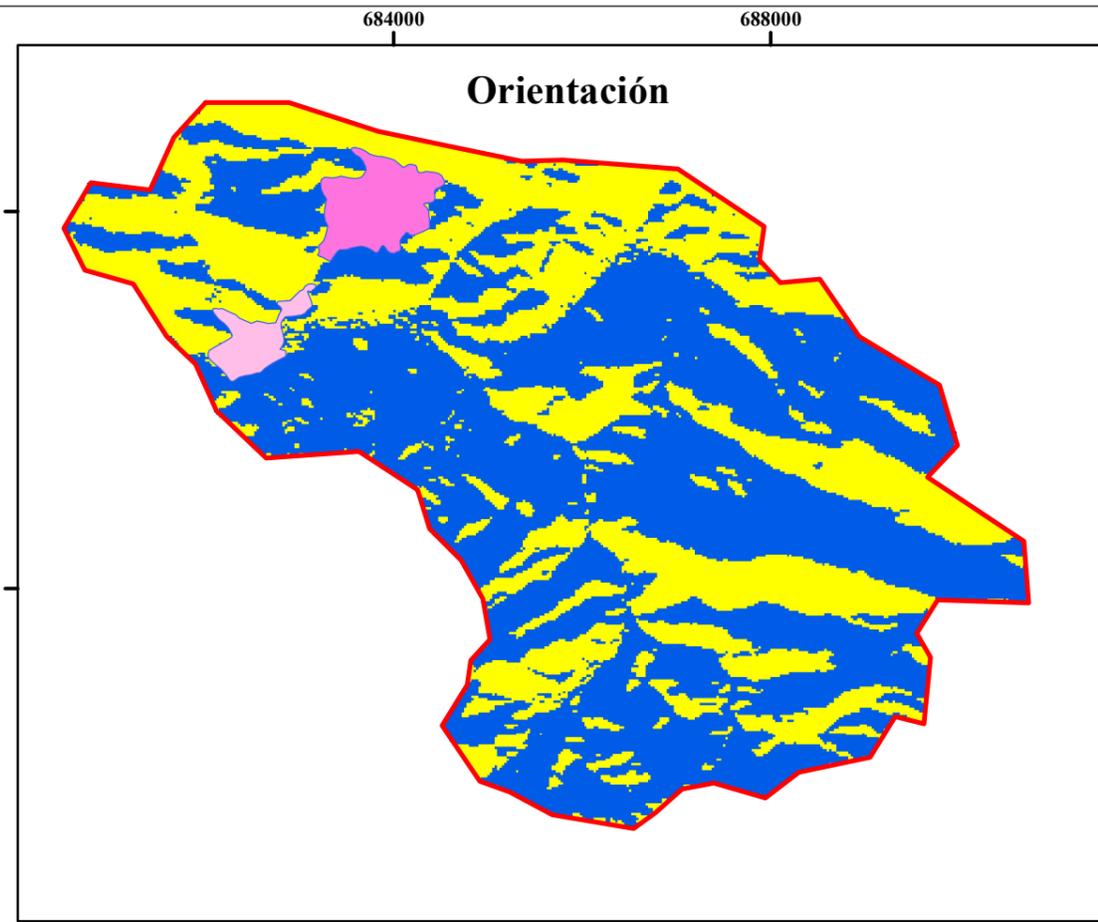
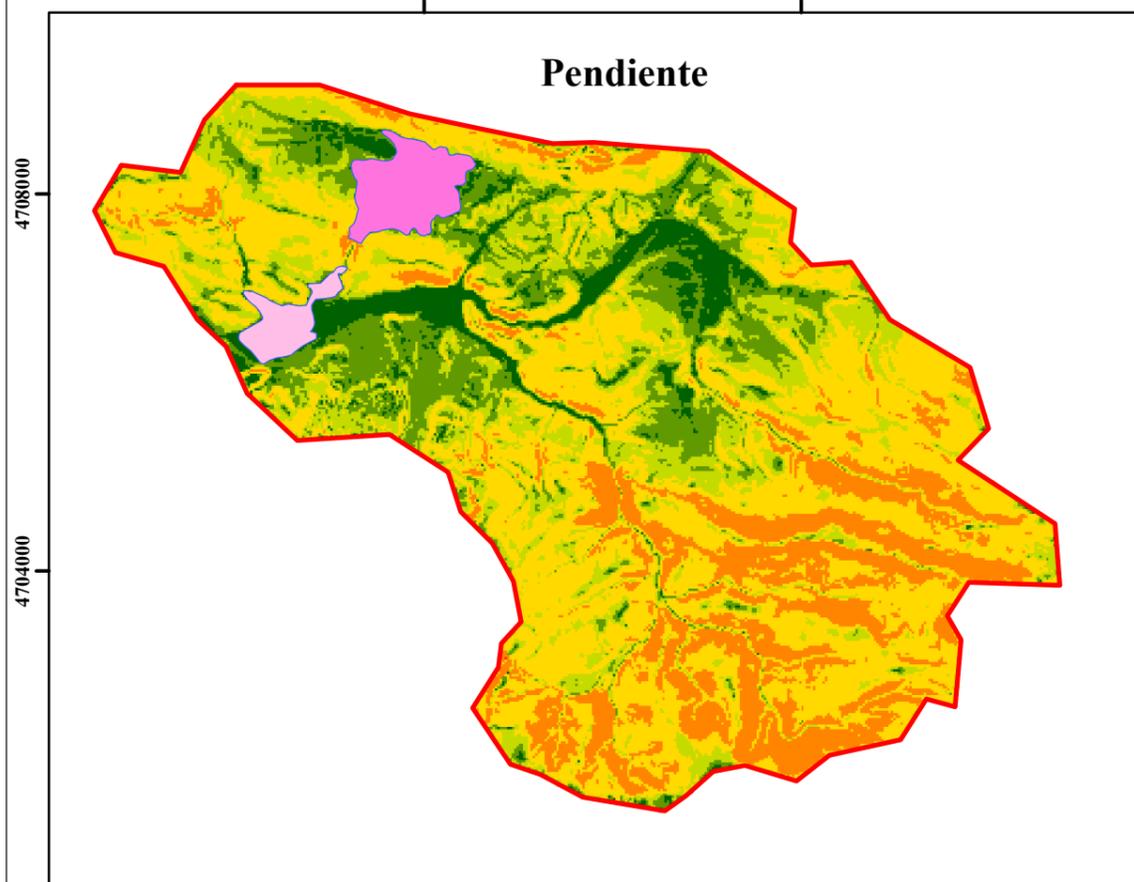
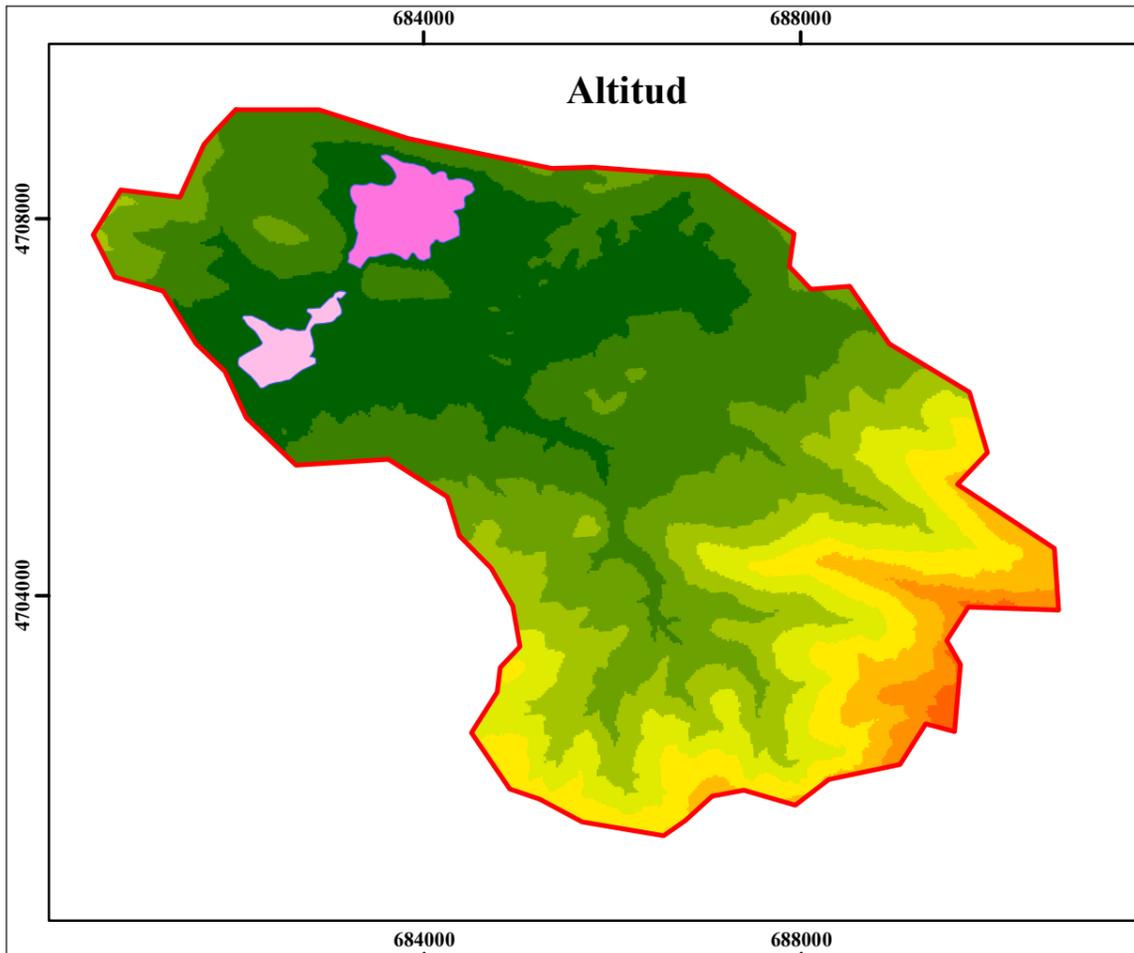
- Cuenca Hidrográfica
- Embalse de La Campañana
- Lago de Carucedo
- Cursos de aguas

<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b>		
<b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIERÍA AGRARIA</b>		
Estudio de la influencia de parámetros ambientales en la distribución de <i>Procambarus clarkii</i> en los márgenes del Lago de Carucedo y del Embalse La Campañana (León).		
<b>TRABAJO FIN DE GRADO</b>		
PLANO: Red hidrográfica		
ESCALA: 1:55.000	PABLO CARBALLO CABEZAS Firmado:	Plano n°: <b>2</b>
FECHA: Diciembre 2017		

0 500 1.000 2.000 3.000 4.000  
Metros

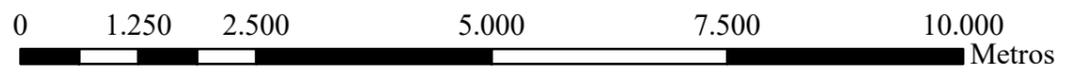
ETRS 1989 UTM Zone 29N

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geogr  
USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Cor

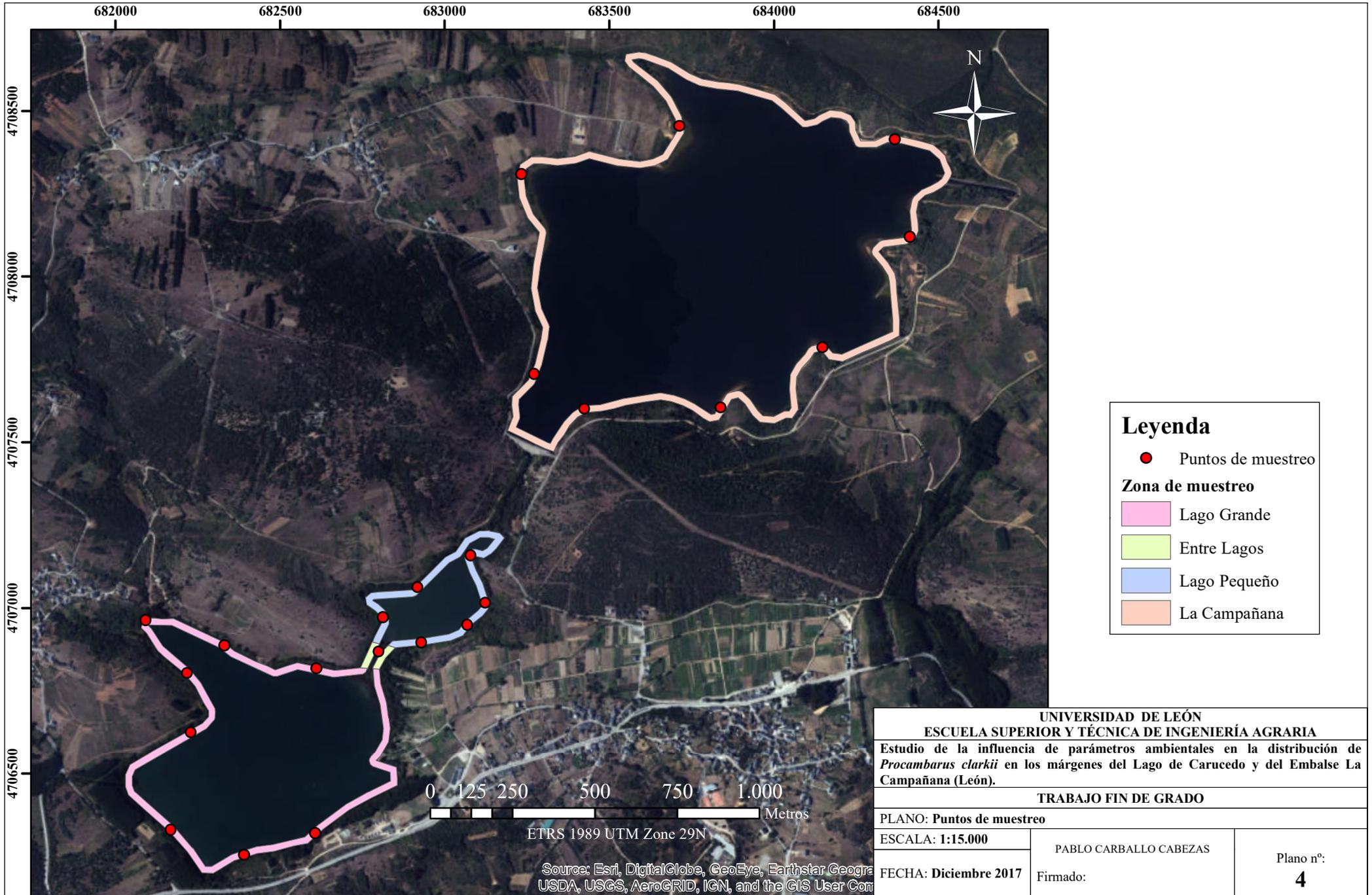


**Leyenda**

Altitud	Pendiente	Orientación
450 - 550	0 - 3	Umbría
550 - 650	3 - 7	Solana
650 - 750	7 - 12	Embalse de La Campañana
750 - 850	12 - 25	Lago de Carucedo
850 - 950	25 - 55	
950 - 1.050	55 - 80	
1.050 - 1.150		
1.150 - 1.250		
1.250 - 1.350		
1.350 - 1.450		



<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> <b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIERÍA AGRARIA</b>		
Estudio de la influencia de parámetros ambientales en la distribución de <i>Procambarus clarkii</i> en los márgenes del Lago de Carucedo y del Embalse de la Campañana (León).		
<b>TRABAJO FIN DE GRADO</b>		
PLANO: Descripción de la cuenca		
ESCALA: 1:75.000	PABLO CARBALLO CABEZAS Firmado:	Plano nº: <b>3</b>
FECHA: Diciembre 2017		

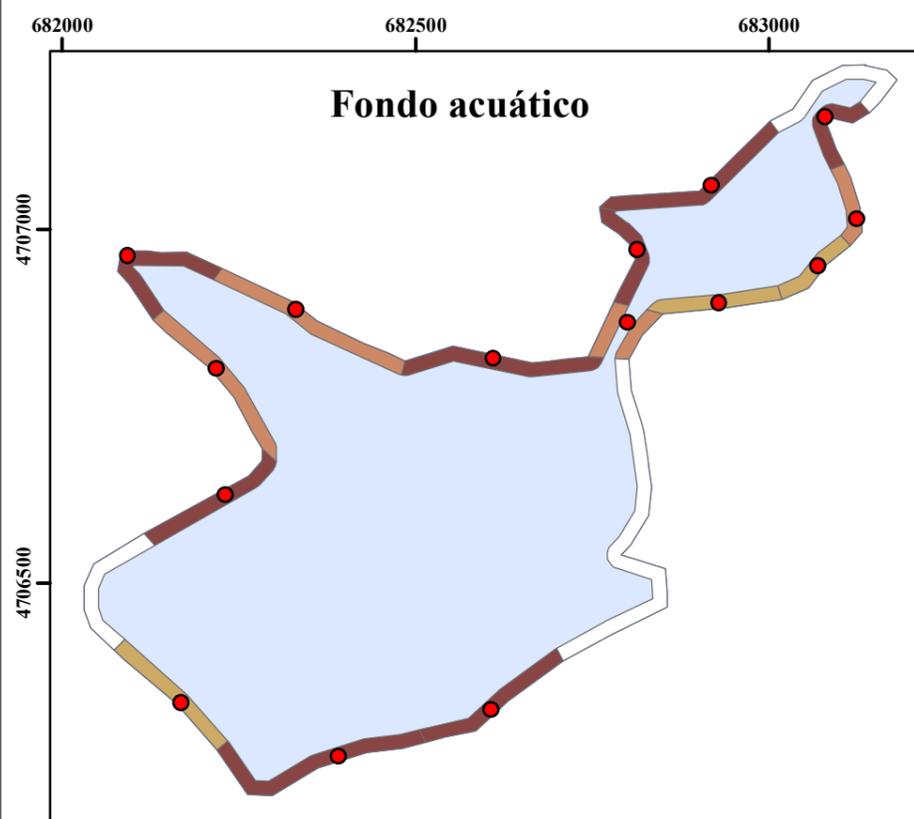
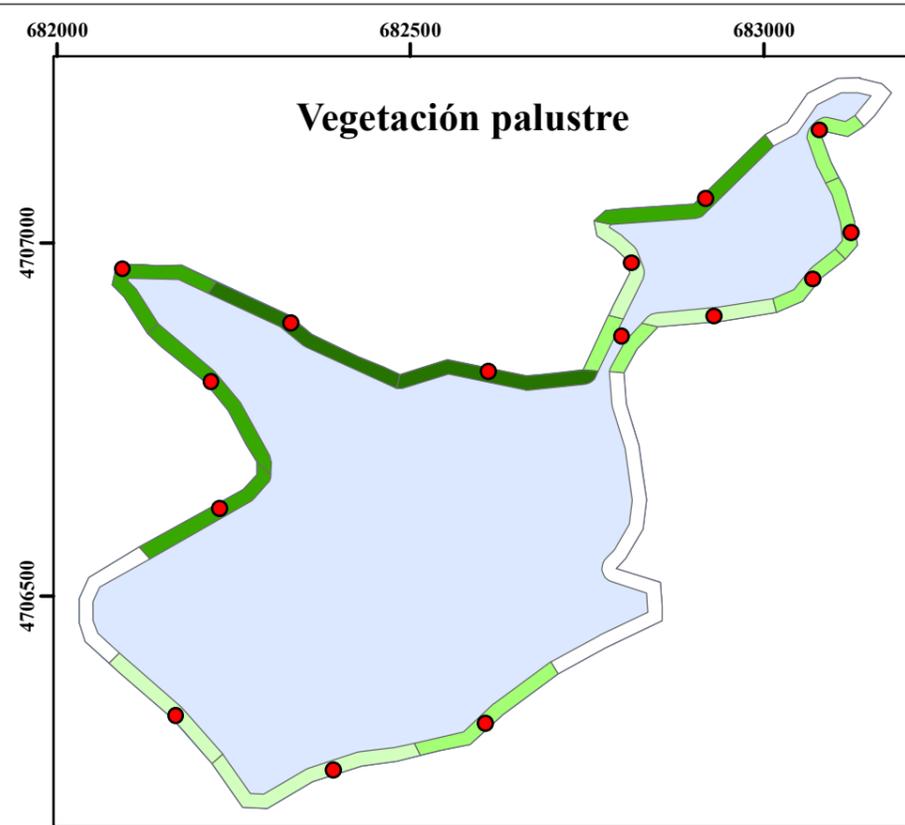
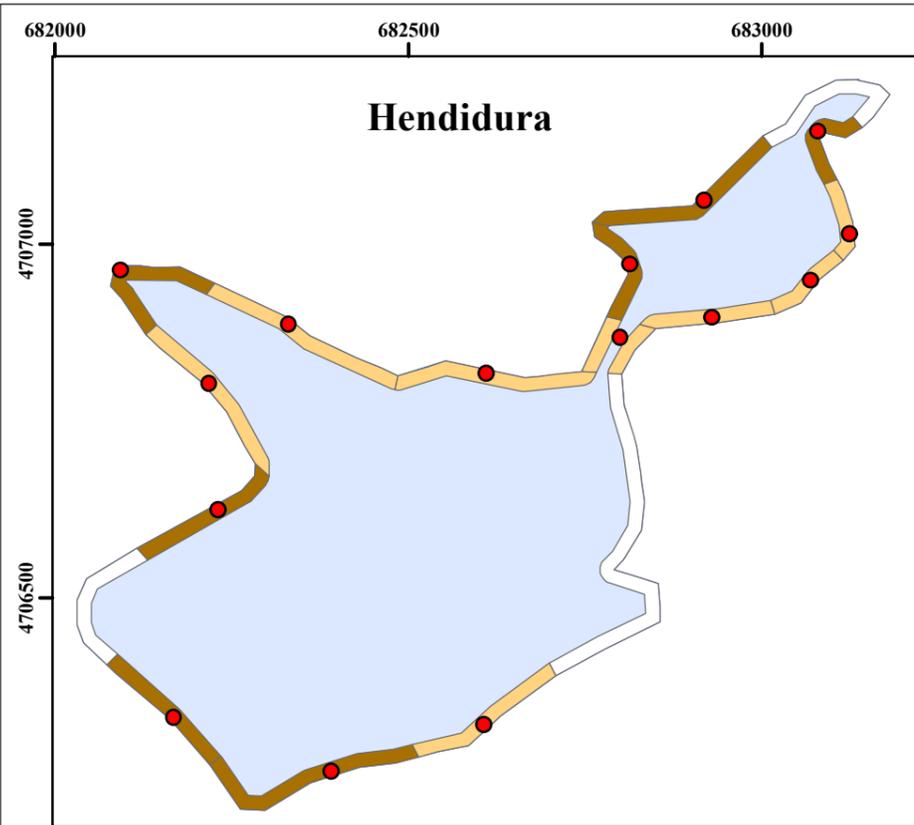


**Leyenda**

- Puntos de muestreo
- Zona de muestreo**
- Lago Grande
- Entre Lagos
- Lago Pequeño
- La Campañana

UNIVERSIDAD DE LEÓN		
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIERÍA AGRARIA		
Estudio de la influencia de parámetros ambientales en la distribución de <i>Procambarus clarkii</i> en los márgenes del Lago de Carucedo y del Embalse La Campañana (León).		
<b>TRABAJO FIN DE GRADO</b>		
PLANO: Puntos de muestreo		
ESCALA: 1:15.000	PABLO CARBALLO CABEZAS	Plano n°: <b>4</b>
FECHA: Diciembre 2017	Firmado:	

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geogra  
USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Com



### Leyenda

**Hendidura**

- Sin muestrear
- T1 - Sin presencia
- T2 - Con presencia

**Fondo acuático**

- Sin muestrear
- T1 - Normal
- T2 - Pedregoso
- T3 - Con galerías

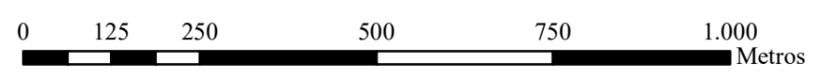
**Vegetación**

- Sin muestrear
- T1 - Sin cobertura (<15%)
- T2 - Cobertura excasa (15-45%)
- T3 - Cobertura abundante (45-85%)
- T4 - Cobertura completa (>85%)

**Calidad de agua**

- Sin muestrear
- T1 - IBMWP <15
- T2 - IBMWP 16 - 35
- T3 - IBMWP 35 - 60

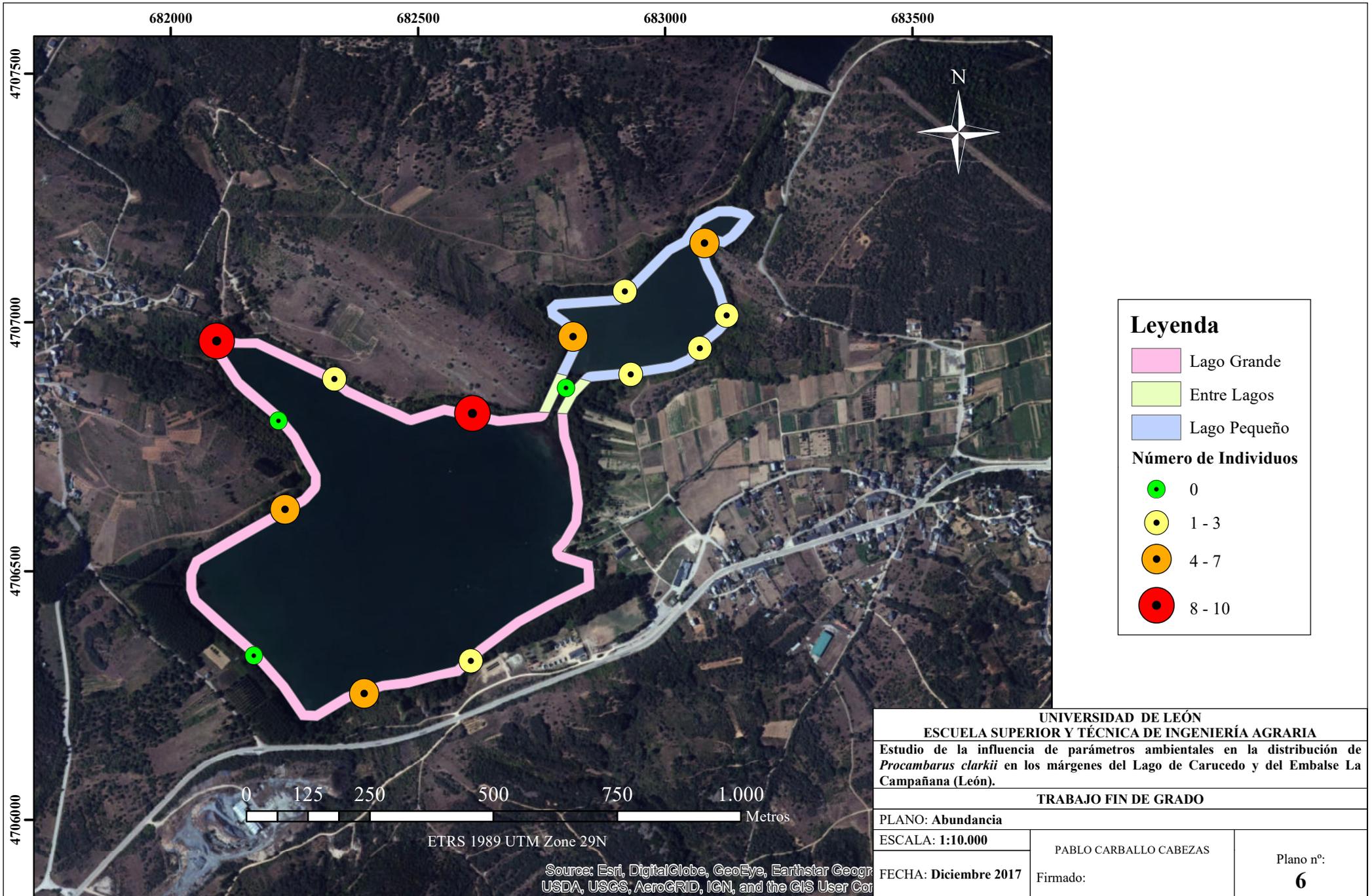
● Puntos de muestreo



ETRS 1989 UTM Zone 29N



<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> <b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIERÍA AGRARIA</b>		
Estudio de la influencia de parámetros ambientales en la distribución de <i>Procambarus clarkii</i> en los márgenes del Lago de Carucedo y del Embalse de la Campañana (León).		
<b>TRABAJO FIN DE GRADO</b>		
PLANO: Principales parámetros		
ESCALA: 1:10.000	PABLO CARBALLO CABEZAS	Plano n°:
FECHA: Diciembre 2017	Firmado:	<b>5</b>



**Leyenda**

- Lago Grande
- Entre Lagos
- Lago Pequeño

**Número de Individuos**

- 0
- 1 - 3
- 4 - 7
- 8 - 10

UNIVERSIDAD DE LEÓN		
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIERÍA AGRARIA		
Estudio de la influencia de parámetros ambientales en la distribución de <i>Procambarus clarkii</i> en los márgenes del Lago de Carucedo y del Embalse La Campañana (León).		
TRABAJO FIN DE GRADO		
PLANO: Abundancia		
ESCALA: 1:10.000		PABLO CARBALLO CABEZAS
FECHA: Diciembre 2017	Firmado:	Plano n°: <b>6</b>

ETRS 1989 UTM Zone 29N

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geogr  
USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Cor