



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Ciencias Ambientales

Impactos de las especies exóticas invasoras en los servicios  
ecosistémicos del Bajo Ebro.

Impacts of invasive alien species on the ecosystem services of  
the Lower Ebro river.

Rubén Calvo Buesa

Directora: Belinda Gallardo Armas

Ponente: Rocío López Flores

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2021

# ÍNDICE

1. TITULO.....	5
2. RESUMEN .....	5
3. ABSTRACT.....	5
4. INTRODUCCIÓN.....	6
5. OBJETIVOS.....	10
6. METODOLOGÍA .....	12
6.1. Muestreo de campo.....	12
6.2. Ubicación.....	13
6.3. Identificación de macroinvertebrados.....	18
6.4. Proceso de análisis en laboratorio.....	19
6.5. Análisis de datos .....	20
7. RESULTADOS .....	21
7.1. Macroinvertebrados exóticos .....	21
7.1.1. Caracol manzana.....	21
7.1.2. Cangrejo azul.....	21
7.1.3. Análisis estadísticos macroinvertebrados.....	24
8. DISCUSIÓN .....	28
8.1. Evolución del Caracol manzana .....	28
8.2. Evolución del Cangrejo azul .....	28
8.3. Impactos de las especies exóticas invasoras en el río Ebro .....	28
9. CONCLUSIONES.....	31
10. AGRADECIMIENTOS .....	33
11. BIBLIOGRAFÍA.....	34
Apéndice I. Resultados estadísticos.....	37
Apéndice II. Resultados sobre Macroinvertebrados.....	50
Apéndice III. Parámetros Físicoquímicos .....	56
Apéndice IV. Cartografía .....	58

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Caracol manzana realizando una puesta de huevos en la vegetación de la orilla del río Ebro. Fuente: Paleoymás.....	7
Figura 2: Caracol manzana sobre los macrófitos en el río Ebro. Fuente: Paleoymás .....	7
Figura 3: Cangrejo azul en el lecho del río Ebro.....	9
Figura 4: Cangrejos azules apareándose en el río Ebro. ....	9
Figura 5: Toma de muestras fisicoquímicas, de sustrato y de macroinvertebrados. ....	13
Figura 6: Muestreo nocturno de caracol manzana y cangrejo azul.....	13
Figura 7: Ubicación tratamiento Control. ....	14
Figura 8: Ubicación tratamiento Gestionado.....	15
Figura 9: Ubicación tratamiento Cangrejo.....	16
Figura 10: Ubicación tratamiento Caracol. ....	17
Figura 11: Ubicación tratamiento Interacción. ....	18
Figura 12: Grafica de caja de la variable Clorofila.....	23
Figura 13: Grafico concentración de Materia Orgánica en el sustrato y en la columna de agua, por tratamientos. ....	23
Figura 14: Grafico del número de individuos de cada familia capturados por tratamiento. ....	25
Figura 15: Grafica de caja de la variable Shannon.....	26
Figura 16: Grafico número de individuos capturados de la familia Neritidae en los distintos tratamientos. ....	27
Figura 17: Grafica de caja de la variable Riqueza. ....	38
Figura 18: Grafica de caja de la variable Shannon.....	39
Figura 19: Grafica de caja de la variable Abundancia. ....	41
Figura 20: Grafica de caja de la variable Cobertura Vegetal.....	43
Figura 21: Grafica de caja de la variable Clorofila.....	45
Figura 22: Grafica de caja de la variable Materia Orgánica. ....	46
Figura 23: Grafica de caja de la variable Turbidez. ....	47
Figura 24: Grafica de caja de la variable Turbidez. ....	48
Figura 25: Grafica número de individuos en cada familia por tratamiento.....	54
Figura 26: Grafica porcentaje de individuos en cada familia y tabla de individuos en cada familia por tratamiento. ....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las masas de agua, según su clasificación.....	19
Tabla 2. Parámetros analizados en el laboratorio. ....	20
Tabla 3. Resultados estadísticos de las diferentes variables en cada tratamiento respecto a parámetros fisicoquímicos. n.s= diferencias no significativas. ....	22
Tabla 4. Diferencias significativas de las diferentes variables en cada tratamiento respecto a parámetros fisicoquímicos.....	22
Tabla 5. Familias con mayor número de individuos en el muestreo. ....	24
Tabla 6. Puntuación IBMWP de cada tratamiento. ....	25
Tabla 7. Resultados estadísticos de las diferentes variables en cada tratamiento respecto a macroinvertebrados. n.s= diferencias no significativas.....	26

Tabla 8. Diferencias significativas de las diferentes variables en cada tratamiento respecto a macroinvertebrados.....	26
Tabla 9. Total de individuos de las familias de gasterópodos en cada tratamiento.....	27
Tabla 10. ANOVA riqueza entre 5 tratamientos. ....	37
Tabla 11. ANOVA riqueza entre presencia y ausencia de cangrejo azul.....	37
Tabla 12. ANOVA riqueza entre presencia y ausencia de caracol manzana.....	37
Tabla 13. Riqueza entre parejas de tratamiento. ....	38
Tabla 14. ANOVA Shannon entre 5 tratamientos. ....	38
Tabla 15. ANOVA Shannon entre presencia y ausencia de cangrejo azul. ....	39
Tabla 16. ANOVA Shannon entre presencia y ausencia de caracol manzana.....	39
Tabla 17. Shannon entre parejas de tratamiento.....	39
Tabla 18. ANOVA Abundancia entre 5 tratamientos. ....	40
Tabla 19. ANOVA Abundancia entre presencia y ausencia de cangrejo azul. ....	40
Tabla 20. ANOVA Abundancia entre presencia y ausencia de caracol manzana.....	40
Tabla 21. Abundancia entre parejas de tratamiento.....	41
Tabla 22. ANOVA Cobertura vegetal entre 5 tratamientos. ....	42
Tabla 23. ANOVA Cobertura vegetal entre presencia y ausencia de cangrejo azul. ....	42
Tabla 24. ANOVA Cobertura vegetal entre presencia y ausencia de caracol manzana.....	42
Tabla 25. Cobertura Vegetal entre parejas de tratamiento. ....	43
Tabla 26. ANOVA Clorofila a entre 5 tratamientos.....	43
Tabla 27. ANOVA Clorofila b entre 5 tratamientos.....	44
Tabla 28. ANOVA Clorofila c entre 5 tratamientos. ....	44
Tabla 29. ANOVA Clorofila a entre presencia y ausencia de caracol manzana. ....	44
Tabla 30. ANOVA Clorofila b entre presencia y ausencia de caracol manzana. ....	44
Tabla 31. ANOVA Clorofila c entre presencia y ausencia de caracol manzana.....	44
Tabla 32. Clorofila a entre parejas de tratamiento.....	45
Tabla 33. Clorofila a entre parejas de tratamiento.....	45
Tabla 34. ANOVA Materia Orgánica a entre 5 tratamientos. ....	46
Tabla 35. ANOVA Materia Orgánica entre presencia y ausencia de caracol manzana.....	46
Tabla 36. ANOVA Turbidez a entre 5 tratamientos. ....	47
Tabla 37. ANOVA Turbidez a entre presencia y ausencia de caracol manzana.....	47
Tabla 38. ANOVA Conductividad a entre 5 tratamientos. ....	48
Tabla 39. ANOVA Conductividad a entre presencia y ausencia de cangrejo azul.....	48
Tabla 40. ANOVA Conductividad a entre presencia y ausencia de caracol manzana.....	48
Tabla 41. Conductividad entre parejas de tratamiento.....	49
Tabla 42. Total de individuos capturados de cada familia por tratamiento.....	50
Tabla 43. Cálculo del índice IBMWP para cada tratamiento. ....	51
Tabla 44. Total de individuos capturados de cada familia por punto de muestreo. ....	52
Tabla 45. Total de individuos capturados de cada familia por punto de muestreo. ....	53
Tabla 46. Parámetros fisicoquímicos más relevantes por punto de muestreo. ....	56
Tabla 47. Parámetros fisicoquímicos más relevantes por punto de muestreo. ....	57

## 1. TITULO

Impactos de las especies exóticas invasoras en los servicios ecosistémicos del Bajo Ebro.

Impacts of invasive alien species on the ecosystem services of the Lower Ebro River.

## 2. RESUMEN

Las especies exóticas invasoras (EEI) constituyen una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en el mundo. Entre las más dañinas se encuentra el caracol manzana, término que engloba distintas especies del género *Pomacea* (familia Ampullariidae), procedentes del sur de América y el cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) procedente del Atlántico Occidental, ambos con una gran capacidad colonizadora, las cuales producen grandes pérdidas tanto económicas como ecológicas donde se establecen. En la Península Ibérica existe un único foco con presencia de ambas especies, aunque todo el arco mediterráneo es susceptible de sufrir la invasión. Ante esta amenaza, este proyecto pretende determinar y cuantificar los impactos producidos, tanto en el ecosistema como en las poblaciones de macroinvertebrados presentes en el tramo bajo del río Ebro y determinar si la biodiversidad y los servicios del ecosistema se recuperan una vez gestionados. Para ello se han realizado 45 muestreos de parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados en distintos tramos del río y mediante análisis estadísticos se han comprobado las posibles afecciones. Los resultados sugieren que la presencia del caracol manzana no afecta a todos los gasterópodos acuáticos por igual, además de tener la capacidad de variar los componentes orgánicos del medio (característica que comparte con el cangrejo azul).

**Palabras clave:** Caracol manzana, cangrejo azul, afección, macroinvertebrados, biodiversidad.

## 3. ABSTRACT

Invasive alien species constitute one of the main causes of biodiversity loss in the world. Some of the most harmful are the Apple snail, a term that englobes different species of the genus *Pomacea* (Perry) (family Ampullariidae), original from South America and the Atlantic blue crab or blue crab (*Callinectes sapidus*) original from Western Atlantic, both of them with a large colonizing capacity. They produce large economic and ecological losses where establish.

In the Iberian Peninsula there is a single focus with the presence of both species, although the entire Mediterranean arch is susceptible to invasion.

Faced with this threat, this project aims to determinate and quantify the impacts produced both in the ecosystem as in the invertebrates community in the last stretch of the Ebro river.

Moreover, it aims to determinate if the biodiversity and the “ecosystemic services” can be recovered after human management. For it, the methodology was based 45 sampling points where physicochemical and invertebrate samples were taken in different areas of the river. After that, the data was statistically analysed to know the affection.

The results suggest that the presence of apple snail doesn't affect every aquatic gastropod in the same way in addition to show its the capacity to alter organic components present on the river (characteristic that shares with blue crab).

**Keywords:** apple snail, blue crab, affection, macroinvertebrates, biodiversity.

#### 4. INTRODUCCIÓN

La creciente expansión de especies exóticas invasoras (EEI) es sin duda uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la biodiversidad a nivel mundial (Sala et al., 2000), tan solo por detrás de la destrucción del hábitat (McLellan et al., 2014). A pesar de los esfuerzos internacionales para frenar su expansión, el número de nuevas EEI no para de aumentar (Seebens et al., 2017), así como los costes asociados a su gestión y erradicación (Bradshaw et al., 2016).

Los ecosistemas de agua dulce son especialmente vulnerables debido a su alta conectividad que favorece la dispersión de EEI, la dificultad de identificar especies bajo el agua hasta que alcanzan altas densidades, la elevada susceptibilidad de comunidades nativas que han evolucionado en condiciones aisladas, y la dificultad práctica que conlleva la erradicación de EEI en medio acuático (Gherardi, 2007; Gallardo et al., 2015)

En el año 2009 se localizaron numerosos ejemplares de caracol Manzana (Figuras 1 y 2), *Pomacea insularum* (D'Orbigny, 1839) en el hemidelta izquierdo del delta del Ebro, en el término municipal de L'Aldea, lo que constituía el primer episodio registrado de colonización de estos moluscos en Europa (López Soriano et al., 2009; López et al., 2009).

La presencia de caracol manzana en el Delta se remontaría a más de una década atrás, en base a dos únicas conchas recolectadas en 2001 (Andree & López, 2013). Inicialmente, la especie fue atribuida a *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819) en base a criterios morfológicos, particularmente por el tamaño y color de sus puestas (López et al., 2009), aunque otros autores ya sugirieron que podría tratarse en realidad de *Pomacea insularum*, que es la especie más extendida como invasora y la que causa efectos más dañinos sobre cultivos (López Soriano et al., 2009).

El caracol manzana se caracteriza por una fecundidad excepcional, tiene un periodo de reproducción termo-dependiente (a partir de 20°C aprox.), con puestas cada 5-14 días de

entre 300 y 600 huevos de color rosa brillante, la mayoría de los cuales eclosionan con éxito tras 2-4 semanas, se convierten de juveniles a adultos en apenas unos meses y pueden vivir más de tres años (Cowie & Hayes, 2012).



*Figura 1: Caracol manzana realizando una puesta de huevos en la vegetación de la orilla del río Ebro. Fuente: Paleoymás*



*Figura 2: Caracol manzana sobre los macrófitos en el río Ebro. Fuente: Paleoymás*

En su rango nativo, la depredación por parte de aves, peces, reptiles y otros invertebrados reduce en gran medida la supervivencia de juveniles (Yusa., 2006), mientras que la falta de enemigos permite al caracol manzana alcanzar altas densidades en los ambientes agrícolas invadidos (Burlakova et al., 2010).

El caracol manzana, es una especie herbívora, macrofitófaga y extremadamente voraz. Se alimenta de casi cualquier especie vegetal acuática, y por lo tanto también del arroz, principalmente en sus primeros estadios fenológicos de plántula (Plaza & Galimani, 2013).

En estudios experimentales se ha observado cómo tan solo un ejemplar de caracol manzana puede reducir la producción de arroz un 20% por metro cuadrado, mientras que 8 individuos son suficientes para reducirla en un 90% (Cowie 2002). Tal capacidad de destrucción genera severos problemas para la agricultura en zonas infectadas por esta especie exótica. La pérdida de cultivos en la práctica es variable en función de la densidad y tamaño del caracol, así como los métodos de cultivo (Cowie 2002). En el río Ebro no están publicados oficialmente valores reales de pérdidas de producción, si bien se estiman lo suficientemente importantes como para justificar la enorme preocupación de los agricultores, así como la inversión de grandes sumas de dinero dedicados a su erradicación. Por esta razón, la especie se encuentra incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, regulado por el Real Decreto 630/2013 de 2 de agosto.

El caracol manzana se desplaza activamente contra la corriente fluvial y pasivamente aguas abajo. Así mismo, se puede dispersar en cosechadoras de arroz y otro tipo de máquinas



procedentes de zonas con presencia del caracol. Una vez establecido, se dispersa rápidamente, sobre todo durante riadas, por lo cual la suma de estos factores aumenta la dispersión del caracol y complica la gestión y control del mismo.

Existen varios métodos de control de la especie, como son delimitación de zonas invadidas mediante barreras físicas, la utilización de saponinas y otros fitosanitarios, el secado en periodo invernal y la siembra en seco de parcelas infectadas y colindantes (Dirección General de Agricultura y Ganadería, 2020). Incluso en periodos de diciembre a enero se ha llegado a probar la adición de agua de mar con concentraciones altas de sal para combatir la especie (Pujals, 2014). Dentro del cauce fluvial del Ebro, el plan de gestión se centra en evitar la expansión de la especie aguas arriba y a la vez de controlar y si es posible erradicar la población en los tramos del río afectados. En el tramo de Miravet, provincia de Tarragona (Cataluña), se ha conseguido erradicar el caracol manzana, obteniendo así una zona idónea de estudio de los impactos y recuperación del río, tras una efectiva gestión. Como veremos a continuación, cabe la posibilidad del uso de cangrejo azul en los cultivos como método de depredación del caracol.

Efectivamente, el cangrejo azul (Figuras 3 y 4), *Callinectes sapidus* (M.J.Rathbun, 1896), irrumpió en Terres de l'Ebre (Tarragona) en 2012. El cangrejo azul es autóctono del Atlántico Occidental desde Nueva Escocia, Maine y norte de Massachusetts hasta Argentina incluyendo Bermudas y las Antillas. Esta especie está considerada no-nativa, pero a diferencia del caracol manzana no está incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

La longitud de su caparazón puede alcanzar los 24 centímetros y hay ejemplares de un kilo, el tamaño de las pinzas del imponente crustáceo tiene las puntas de un azul intenso en los machos y rojo en las hembras.

Es una especie omnívora, voraz y muy agresiva, que compite con otros cangrejos por el espacio y la comida, su principal alimento son los bivalvos en hábitats marinos, representando un 35% de su dieta (Laughlin, 1982). Pero en su dieta también se encuentran peces pequeños, material vegetal, carroña y otros crustáceos incluyendo otros *C. sapidus* (Hughes & Seed, 1981; Hines et al., 2007). Mientras que en sus fases larvales se alimentan fundamentalmente de zooplancton (Millikin & Williams, 1984).

Este crustáceo ocasiona numerosos daños sobre las especies locales y los cultivos marinos de mejillones y ostras, alimentándose sobre todo de bivalvos de concha fina, pudiendo ocasionar pérdidas de 575 almejas al día en un banco marisquero sin protección, además de anélidos, peces, plantas y casi de cualquier otro organismo que pueda encontrar, incluso individuos de la misma especie (Marsal, 2020; Sánchez., 2019).



El cangrejo azul tiene movimientos migratorios desde el mar subiendo río arriba y volviendo al mar. El porcentaje de machos es más elevado en febrero mientras que el de hembras lo es en octubre en las zonas próximas al mar y al revés en las zonas río arriba. Hasta el momento, no se tiene constancia de la cría de hembras en el interior del río Ebro. Sin embargo, sí se han visualizado entradas masivas de juveniles desde el mes de mayo hasta abril y en septiembre en zonas cercanas al mar (Generalitat de Catalunya., 2018).

Este hecho apunta a que las lagunas próximas a la desembocadura del Ebro se convierten zonas importantes de “guardería” y de alimentación. También en los desagües que desembocan en el mar Mediterráneo se detectan entradas de individuos de pequeño tamaño seguramente en busca de aguas más dulces (agosto-septiembre). En este caso eran todos los ejemplares pequeños y de tamaños homogéneos (3-4 cm).



*Figura 3: Cangrejo azul en el lecho del río Ebro.*



*Figura 4: Cangrejos azules apareándose en el río Ebro.*

En las bahías se capturan ejemplares de todos los tamaños, pero parece que los juveniles se ubican preferentemente en zonas con una cobertura de macrófitos elevada que emplean como áreas de guardería, estas preferencias varían con la edad, el tamaño y el sexo. Por lo tanto, parece que los patrones de distribución espacial pueden tener relación con la salinidad, la protección, la alimentación y la maduración, mientras que los patrones de distribución temporal pueden estar vinculados con la temperatura, la salinidad y el período reproductivo, pudiendo hacer que los adultos migren por el río y los juveniles queden más cerca del mar (Generalitat de Catalunya., 2018).

Al no estar incluido en el Catálogo Español de EEI, el cangrejo azul carece de planes específicos de gestión a escala nacional, siendo la pesca la única forma de control poblacional. Por otro lado, es de destacar el papel como control biológico que ejerce el cangrejo azul en el bajo Ebro, donde las poblaciones invasoras de moluscos como el caracol

manzana y la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) se han visto notablemente reducidas (Céspedes et al., 2021).

La atención y estudios de estas dos especies se han centrado en su mayor parte en los efectos económicos, particularmente en cuanto a la producción de alimento. En comparación, poco o nada se sabe acerca del impacto que pueden tener ambas especies en la calidad del agua o el sedimento, el reciclado de nutrientes o la diversidad local de especies. Esta información es fundamental para que las autoridades encargadas de la gestión de estas dos especies puedan tomar decisiones basadas en datos objetivos y científicos.

## 5. OBJETIVOS.

- Determinar y cuantificar los impactos del caracol manzana y el cangrejo azul en las características del ecosistema. En particular del agua y del sedimento.
- Determinar y cuantificar los impactos del caracol manzana y el cangrejo azul sobre la diversidad de especies de macroinvertebrados bentónicos.
- Determinar y cuantificar los impactos del caracol manzana y el cangrejo azul sobre los servicios ecosistémicos del área afectada. En particular los servicios que se van a estudiar incluyen la producción primaria, el reciclado de nutrientes, el mantenimiento de la biodiversidad y el control biológico.
- Determinar si la biodiversidad y servicios del ecosistema se han recuperado en las zonas donde el caracol manzana ha sido erradicado.

En base a la información previa descrita en la introducción, podemos establecer las siguientes hipótesis de partida:

- **H1.** Dado el tipo de alimentación del caracol manzana, cabe esperar una disminución en la cobertura y riqueza de plantas acuáticas, lo que podría aumentar la concentración de algas (clorofila) en zonas invadidas. Por otro lado, el consumo desmesurado de material vegetal y por consecuencia la posterior excreción podría aumentar la concentración de materia orgánica en el lecho del río, en las zonas invadidas por caracol manzana.
- **H2.** Si se produce dicha disminución de macrófitos, cabe esperar una disminución en la abundancia y riqueza de los macroinvertebrados cuyo desarrollo se ve beneficiado por la presencia de plantas acuáticas, además de otros gasterópodos de tipo herbívoro por competencia con el caracol manzana.

- **H3.** En las zonas donde el caracol manzana se ha conseguido erradicar, podemos esperar una diversidad de especies y calidad del hábitat similar a la de ambientes no invadidos.
- **H4.** Como el cangrejo azul es un voraz depredador, podemos esperar una menor abundancia y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en zonas invadidas con respecto a zonas no invadidas. Es más, podemos esperar una depredación seleccionada de macroinvertebrados, por tamaño de presa, afectando en mayor medida a los de mayor talla. Por otro lado, la depredación desmesurada y por consecuencia la posterior excreción y desecho de restos podría aumentar la concentración de materia orgánica en el lecho del río.
- **H5.** Dado el carácter de depredador generalista del cangrejo azul, podemos esperar una disminución en la presencia de caracol manzana en las zonas invadidas.
- **H6.** Debido a la reciente aparición del cangrejo azul en el río Ebro, se espera una menor abundancia que en otras áreas invadidas por el cangrejo.
- **H7.** Las especies exóticas invasoras pueden realizar cambios en los hábitats, por lo tanto, debido a la presencia de estas dos especies en cuestión podemos esperar una alteración en los parámetros fisicoquímicos del agua en los tramos invadidos.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Muestreo de campo

Para la recolección de muestras se contó con la ayuda de Paleomás, la empresa encargada por la Confederación Hidrográfica del Ebro de eliminar manualmente puestas y adultos de caracol manzana desde el año 2013.

Primero se seleccionó cinco tramos de muestreo correspondientes a cinco tratamientos experimentales:

- Control. Tratamiento (tramo) que nunca tuviera caracol manzana ni cangrejo azul, situado en este caso en las inmediaciones de Mora de Ebro
- Gestión. Tratamiento (tramo) donde el caracol fue gestionado y erradicado, sin presencia de cangrejo azul, situado en las inmediaciones de Miravet
- Cangrejo. Tratamiento (tramo) con presencia de cangrejo azul solamente, cerca de Tortosa.
- Caracol. Tratamiento (tramo) con presencia de caracol manzana y baja densidad de cangrejo azul, (ya que no existen tramos en los que el cangrejo azul esté completamente ausente)
- Interacción. Tratamiento (tramo) con presencia abundante de ambas especies.

Cada tramo se dividió en tres zonas y cada zona en tres puntos, separados mínimo por un metro de distancia para un total de 9 muestras por tramo. Se procuró recoger toda la diversidad de hábitats disponible en cada tramo, con tres muestras por tipo de hábitat: sustrato dominado por arena, gravas, limo, escolleras, zonas con y sin vegetación acuática.

Las características y la localización de cada tratamiento se relatan detalladamente en el apartado *5.2 Ubicación*.

En cada punto de muestreo, con una sonda se recopiló información de pH, oxígeno disuelto, salinidad y sólidos disueltos, además se recogió información del tipo de sustrato del lecho, porcentaje de cobertura vegetal y tipo de vegetación acuática. Se tomó una muestra de agua en un frasco, y otra de sustrato mediante un cilindro de volumen conocido que se coloca en otro frasco distinto. Estos frascos se mantuvieron a una temperatura baja y sin incidencia de luz solar para evitar alteraciones en las muestras. Finalmente se utilizó una red de muestreo de invertebrados bentónicos, que contiene una malla con luz de 0.5 mm. La red se pasó durante 1 minuto aproximadamente por una superficie de 1x1 metro, procurando remover con las botas o la propia red la parte superior del sustrato (Figura 5). El material

recogido en la red se introdujo en un frasco con un poco de agua y alcohol para su conservación hasta el laboratorio.

En total se recolectaron 45 muestras de agua, 45 de sedimentos y 45 de macroinvertebrados acuáticos.

La presencia de caracol manzana y cangrejo azul, se determinó mediante la ayuda de kayaks (Figura 6), con los cuales se surcaba el río entre puntos de muestreo, observando y anotando la presencia de puestas de caracol, caracol adulto en los tratamientos Caracol e Interacción y cangrejo azul, este último se realizó de noche ya que es cuando más facilidad hay para verlo.

El conteo del cangrejo se realizó en trazados de 20 metros de largo por 2 metros de ancho desde la orilla, en los tratamientos Cangrejo, Caracol e Interacción, debido a las condiciones del agua, impidiendo visualizar el fondo del río a más metros de distancia de la orilla.



*Figura 5: Toma de muestras físicoquímicas, de sustrato y de macroinvertebrados.*



*Figura 6: Muestreo nocturno de caracol manzana y cangrejo azul.*

## 6.2. Ubicación

Los muestreos se toman en cinco tramos del río Ebro, situados entre Mora d'Ebre y Tortosa, los días 28 y 29 de octubre de 2019.

Durante los siguientes meses se realizan los análisis de muestras y la clasificación de macroinvertebrados en el laboratorio del Instituto Pirenaico de Ecología en Zaragoza.

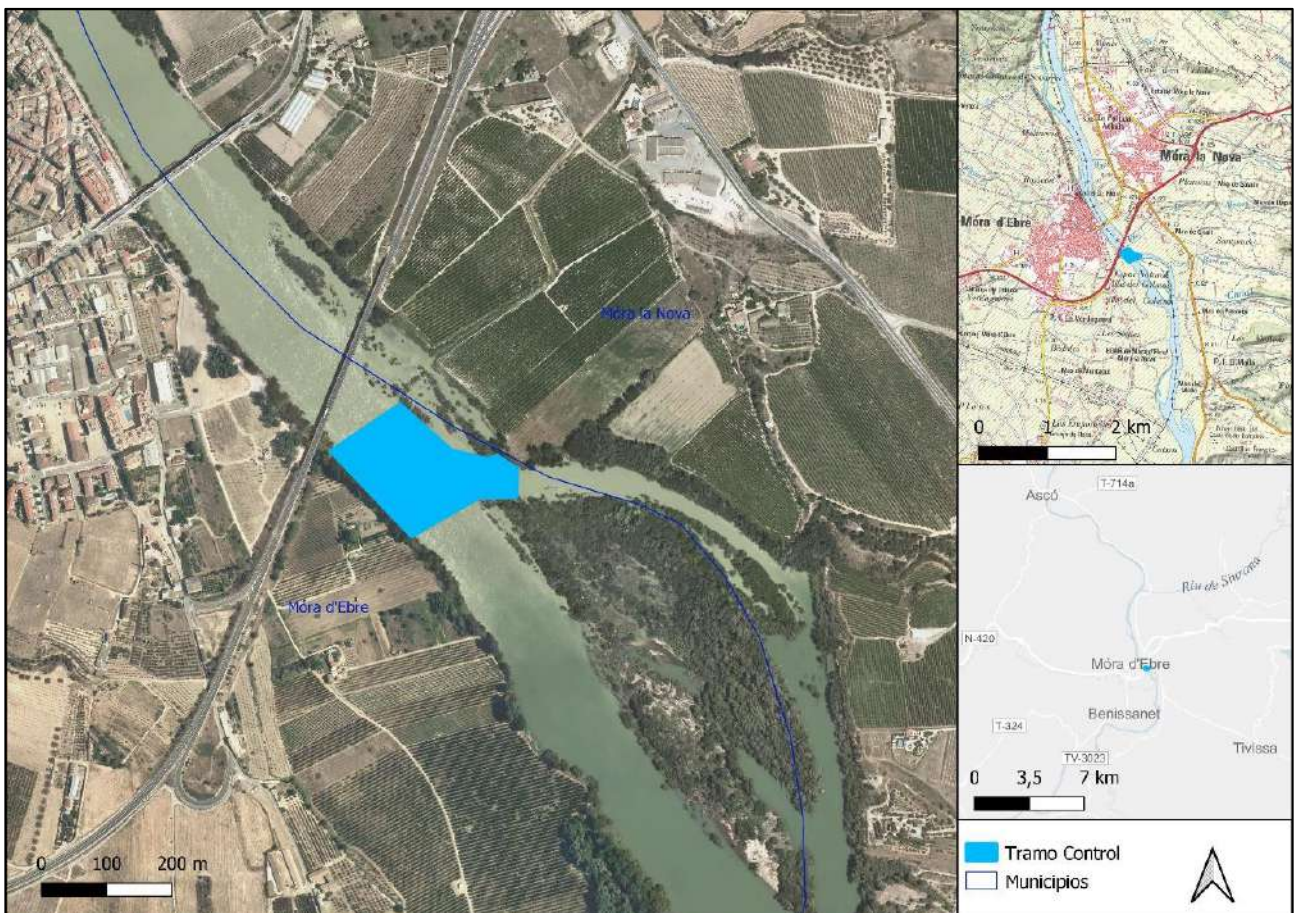
A continuación, se presentan los datos de temperatura, coordenadas y otras características del río, correspondiente a los cinco tramos. Para cada tramo se incluye únicamente el dato correspondiente al primer punto de muestreo como dato general de referencia. Los datos correspondientes a los 45 puntos de muestreo se incluirán en el apéndice III.



### Tratamiento 1: Control

El primer tramo (Figura 7) se sitúa en Mora d'Ebre, en las coordenadas ETRS 89 USO31: X=302722.4; Y=4551064.0, la temperatura del agua está en torno a 21,3 °C. Es un tramo ancho del río con la velocidad del agua reducida, donde se crea una barrera vertical de grava de forma natural que divide el río en dos, pero el río se vuelve a juntar aguas abajo, en este tramo se sitúan los puntos y las muestras del nº1 al nº9.

En este tramo no hay presencia de las especies exóticas invasoras mencionadas, ya que se encuentra aguas arriba de las zonas invadidas.



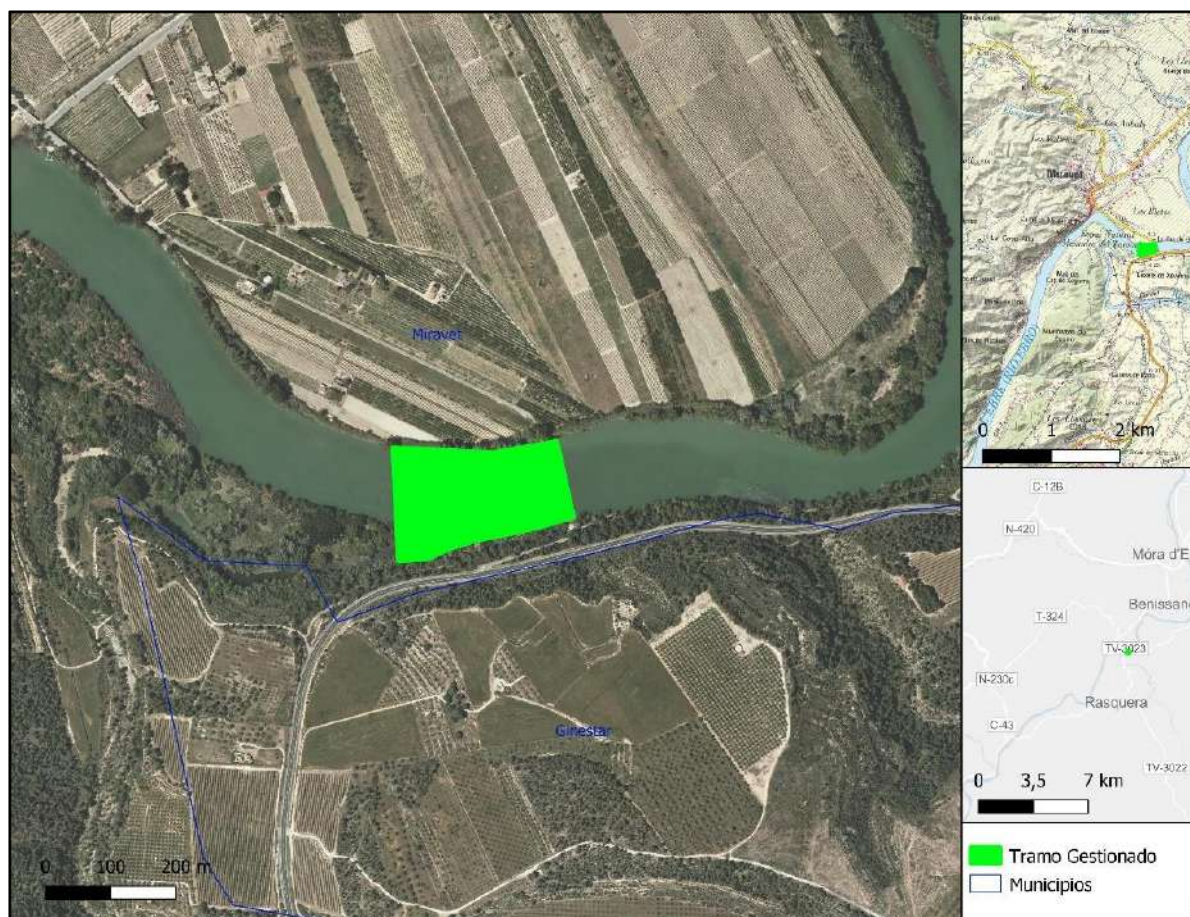
*Figura 7: Ubicación tratamiento Control.*



## Tratamiento 2: Gestión

El segundo tramo se sitúa en las orillas de Miravet, en las coordenadas ETRS 89 USO31: X=298988.1; Y=4545059.7, con la temperatura del agua que está en torno a 21,5 °C, en este tramo el flujo del agua es muy lento, siendo el sustrato principal las arenas y el limo, en este tramo se sitúan los puntos y las muestras del nº10 al nº18.

En este tramo (Figura 8) no hay, ni ha habido presencia de cangrejo, el caracol apareció por última vez en 2017 y fue rápidamente gestionado y erradicado finalmente en 2018. El caracol no invadió de forma natural este tramo, ya que es un punto aislado aguas arriba de las zonas invadidas, imposibilitando la colonización del caracol por su morfología.



*Figura 8: Ubicación tratamiento Gestionado.*

## Tratamiento 3: Cangrejo

El tercer tramo (Figura 9) se sitúa en Tortosa, en las inmediaciones al Puente del Estado, en las coordenadas ETRS 89 USO31: X=290836.9; Y=4521171.0, la temperatura del agua está en torno a 21,6 °C, este tramo presenta una velocidad del agua reducida en las orillas y mayor



en el centro, creando zonas de gravas y otras de arenas, en este tramo se sitúan los puntos y las muestras del nº19 al nº27.

En este tramo hay presencia elevada de cangrejo azul, sin embargo, no hay presencia de caracol manzana.

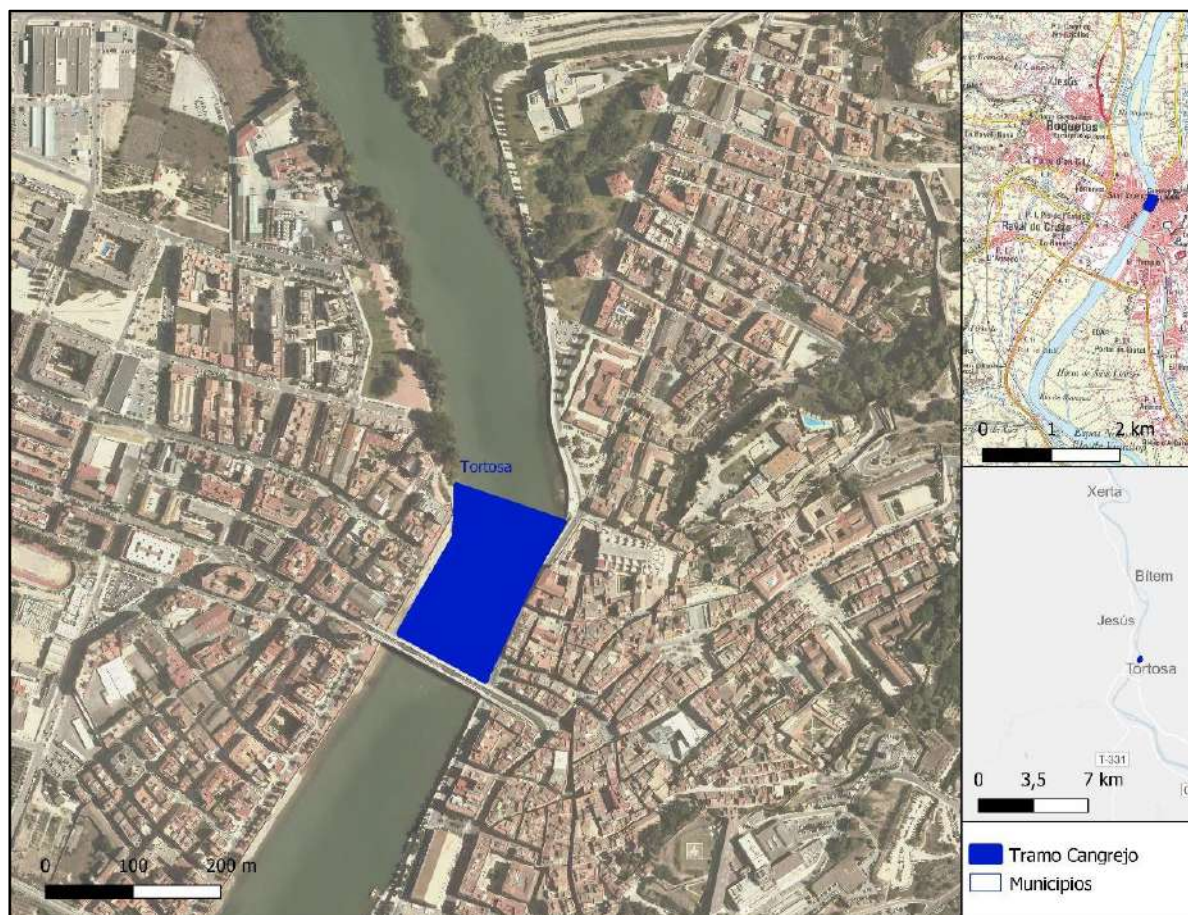


Figura 9: Ubicación tratamiento Cangrejo.

#### Tratamiento 4: Caracol

El cuarto tramo (Figura 10) está situado aguas abajo del anterior en Tortosa, Puente del Mil.Lenari, en las coordenadas ETRS 89 USO31: X=290092.3; Y=4519916.0, la temperatura del agua es de 21,3 °C, a este tramo solo se accedió por piragua, debido a la abundante presencia de árboles y vegetación densa en las orillas, en este tramo se sitúan los puntos y muestras del nº28 al nº36.

Es un tramo donde siempre ha habido gran presencia de caracol manzana, también hay presencia de cangrejo azul, pero a priori menor que en el resto de zonas invadidas por el caracol manzana. Dado que no existen tramos de río en los que se pueda encontrar el caracol

únicamente, hemos tomado como referencia este tramo en el que la abundancia del cangrejo es la mínima posible.

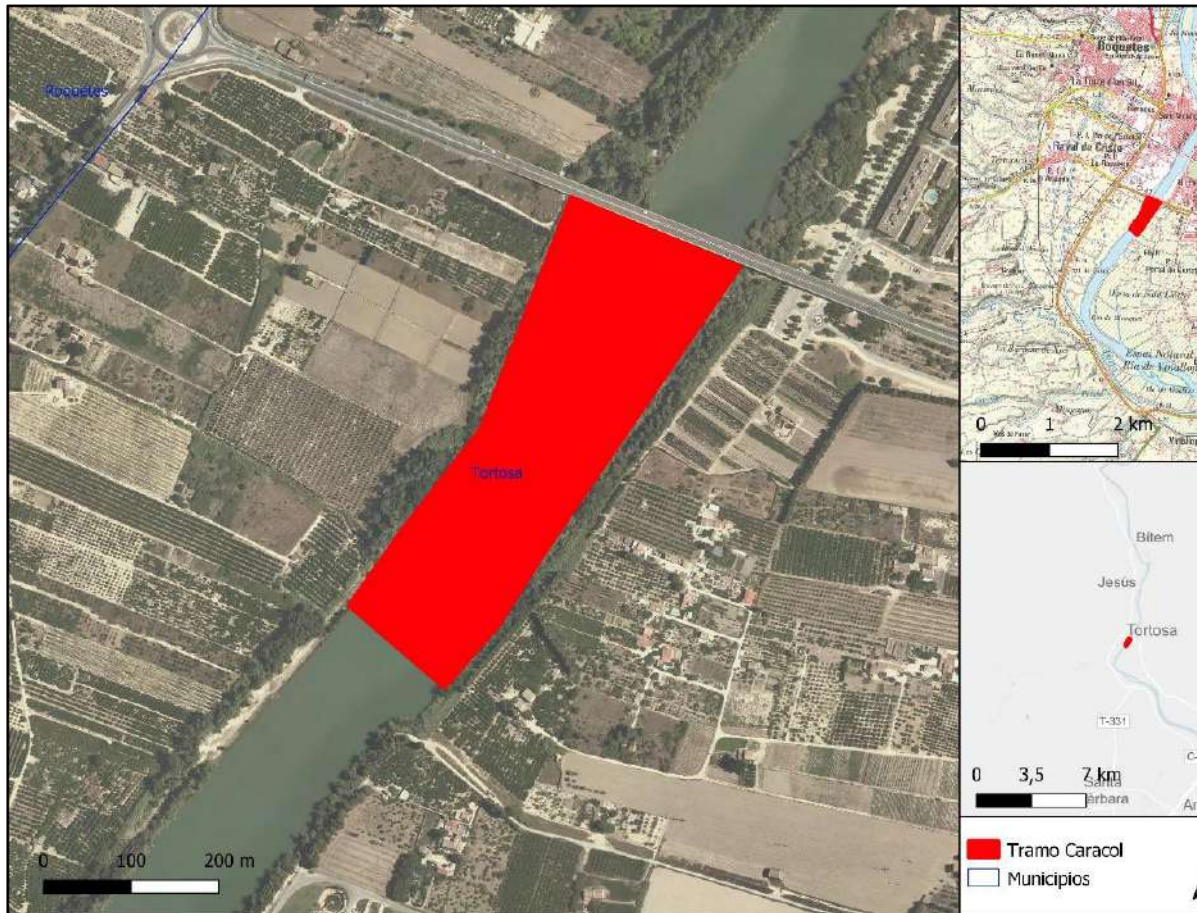


Figura 10: Ubicación tratamiento Caracol.

### Tratamiento 5: Interacción

El quinto tramo (Figura 11) ya está situado más aguas debajo de Tortosa en el barranco de San Antoni, en las coordenadas ETRS 89 USO31: X=289220.6; Y=4518298.4, la temperatura está en torno a 21,3 °C, este tramo también solo se pudo acceder con piraguas debido a la presencia de árboles, la vegetación densa y a las escolleras presentes en las orillas.

En este tramo a diferencia del anterior, vuelve a haber una densidad de cangrejos considerable y presencia de caracol manzana, por lo tanto, si se puede estimar una interacción real entre ambos.



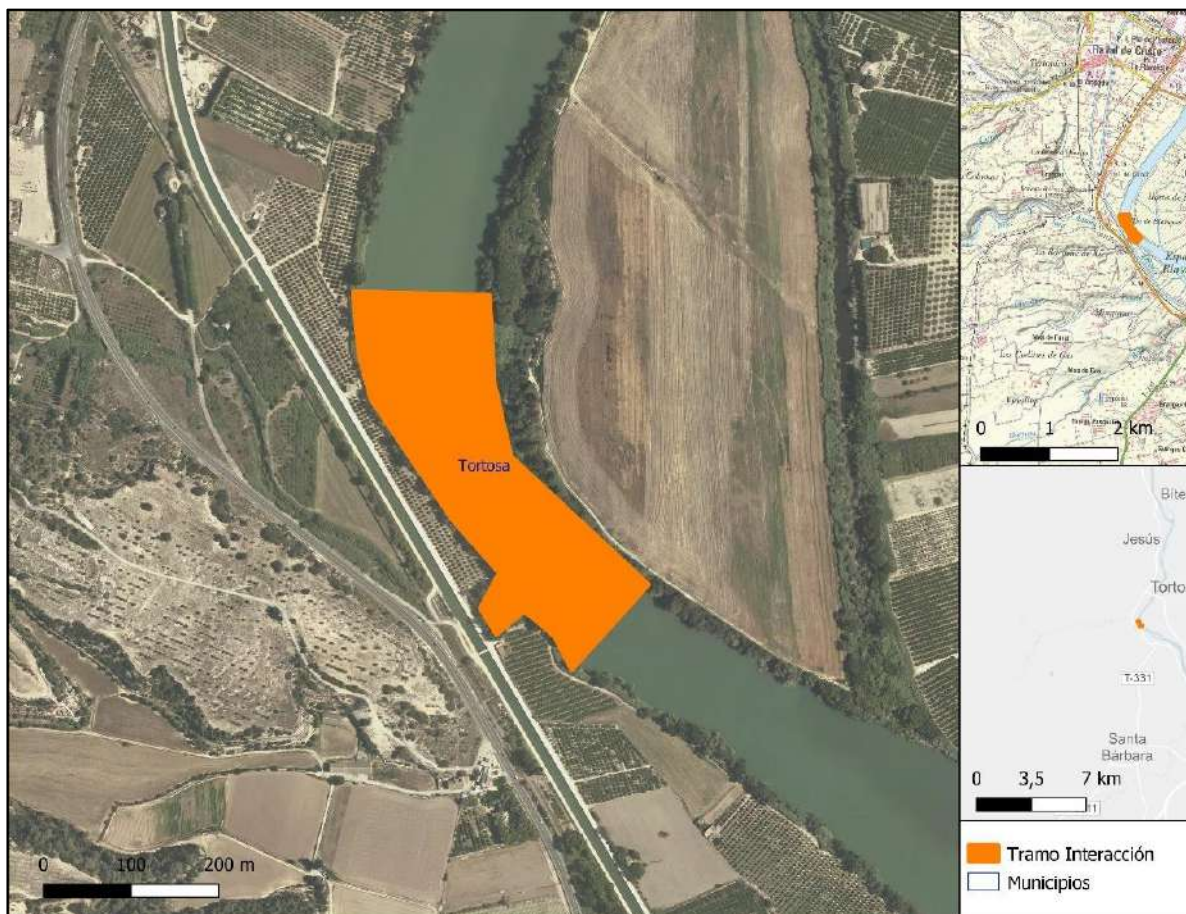


Figura 11: Ubicación tratamiento *Interacción*.

### 6.3. Identificación de macroinvertebrados

Las muestras con los macroinvertebrados contienen además arenas, macrófitos, gravas y otras impurezas que no resultan de interés. Para eliminarlas se realiza un cribado con dos tamices, uno de 5mm y otro de 1mm. Mediante este cribado hay que revisar la criba de 5mm, ya que puede haber macroinvertebrados que no la atraviesan.

Una vez cribado tanto los macroinvertebrados como otros compuestos de medidas entre 5mm y 1mm, se depositan en un frasco con agua, alcohol e indicador rosa de bengala, para poder localizar e identificar mejor los individuos posteriormente.

Una vez que el tinte se fija a los macroinvertebrados, se procede a sacar pequeñas muestras del frasco y observarlas con una lupa para identificar los macroinvertebrados presentes, con la ayuda de guías y claves. En concreto utilizamos las siguientes:

- Les invertèbres d'eau douce: systématique, biologie, écologie. H. Tachet, P. Richoux, M. Bournaud, P Usseglio-Polatera. 2010. CNRS Editions. 606 pp.

- Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro. 2011. Confederación Hidrográfica del Ebro.

Debido a la imposibilidad de clasificar los macroinvertebrados hasta el rango de especie, ya que la falta de partes del cuerpo dañadas y extraviadas en el método de captura imposibilita la clasificación de individuos hasta el nivel de especie. Para el análisis de datos se trabaja con el rango de familia, rango con el cual se pueden clasificar todos los individuos capturados.

Una vez localizados e identificados los macroinvertebrados se depositan en frascos indicando el punto donde se capturaron. Esto nos permite recuperar los individuos si surgen dudas respecto a la identificación taxonómica.

Utilizamos el índice IBMWP para conocer si la presencia o ausencia del caracol manzana y el cangrejo azul afecta a la clasificación de las masas de agua según la presencia de macroinvertebrados. En la Tabla 1 las distintas categorías de estado ecológico.

*Tabla 1. Características de las masas de agua, según su clasificación.*

Clase	Puntuación IBMWP	Grado de contaminación	Calidad de las aguas	Color
I	>100	Aguas muy limpias o no alteradas de modo sensible	Muy buena	azul
II	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Buena	Verde
III	36-60	Aguas contaminadas	Moderada	Naranja
IV	16-35	Aguas muy contaminadas	Deficiente	Amarillo
V	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Mala	Rojo

#### 6.4. Proceso de análisis en laboratorio

En el laboratorio se analizan las muestras de sustrato y agua para determinar los siguientes parámetros (Tabla 2):

Tabla 2. *Parámetros analizados en el laboratorio.*

Parámetro	Siglas	Unidades
Conductancia específica	SPC Cond	μS/cm <sup>2</sup>
Conductividad	Cond	μS/cm <sup>2</sup>
pH	pH	-
Sólidos en suspensión Totales	SST	mg/l
Materia orgánica (columna de agua)	M.O	mg/l
Materia orgánica (sustrato)	M.O	%
Sólidos disueltos Totales	TDS	mg/l
Carbonatos	-	ppm
Bicarbonatos	-	ppm
Alcalinidad	Total AIC	ppm
Carbono orgánico Total	COT	mg/l
Nitrógeno total	NT	mg/l
Fósforo reactivo (soluble reactive phosphorus)	SRP	ppm
Flúor	-	ppm
Cloro	-	ppm
Nitritos	-	ppm
Bromuro	-	ppm
Nitrato	-	ppm
Fosfato	-	ppm
Sulfatos	-	ppm
Sodio	-	ppm
Amonio	-	ppm
Potasio	-	ppm
Calcio	-	ppm
Magnesio	-	ppm
Clorofila	CHI	μg/l

Las muestras las analizaron el personal de laboratorios del Instituto Pirenaico de Ecología mediante metodología estándar.

### 6.5. Análisis de datos

Una vez analizadas las muestras de agua, sedimento y macroinvertebrados bentónicos, realizaremos análisis estadísticos que nos permitan caracterizar los cinco tramos de estudio y sus diferencias.

Análisis descriptivos: sumatorios de medias, rango y desviación estándar de los datos en cada tratamiento.

Para realizar los análisis estadísticos se utilizará el programa estadístico R-CRAN v.3.6.2 a través de su interfaz R-Studio v.1.2.5033.

Utilizamos análisis de la varianza (ANOVA), para ver si existen diferencias significativas entre los 5 tratamientos en cuanto a distintas variables, como son: Riqueza de especies, Shannon, Abundancia, Cobertura vegetal, Clorofila, Materia Orgánica, Turbidez y conductividad.

El procedimiento para cada variable es el siguiente. En primer lugar, realización de ANOVA, para calcular la diferencia entre los 5 tratamientos y posteriormente, análisis post-hoc para calcular las diferencias entre presencia/ausencia de cangrejo o presencia/ausencia de caracol, respectivamente.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1. Macroinvertebrados exóticos**

#### **7.1.1. Caracol manzana**

Durante la prospección de la noche del día 28 y la mañana del día 29 de octubre de 2019 se localizaron 4 puestas sin eclosionar en el tratamiento Caracol y un único adulto.

En el tratamiento Interacción se hallaron un total de 12 puestas.

#### **7.1.2. Cangrejo azul**

Durante la prospección nocturna del día 28 de octubre de 2019, en una superficie de 20X2 metros, ósea 40 m<sup>2</sup>, se observan un total de 4 cangrejos en el Tratamiento Cangrejo, 16 cangrejos en el tratamiento Caracol y 6 cangrejos en el tratamiento Interacción.

La abundancia observada en los transectos durante dicha noche en los tratamientos es de 0,1 Ind/m<sup>2</sup> en el caso del tratamiento Cangrejo, 0,4 Ind/m<sup>2</sup> en el tratamiento Caracol y finalmente 0,15 Ind/m<sup>2</sup> en el tratamiento Interacción.

### **Calidad del agua**

Al igual que en el caso de los invertebrados las muestras fisicoquímicas obtenidas en los análisis de laboratorio no se incluyen en el apartado presente, sino en el apéndice I. Sin embargo, los parámetros fisicoquímicos más relevantes se representan en la Tabla 3, en la cual se puede observar la media obtenida de las variables en cada tratamiento con su desviación estándar y el valor del ANOVA que diferencia la variable entre los 5 tratamientos.

Tabla 3. Resultados estadísticos de las diferentes variables en cada tratamiento respecto a parámetros fisicoquímicos. n.s.= diferencias no significativas.

Variable	Control	Gestión	Cangrejo	Caracol	Interacción	ANOVA
<b>Conductividad (<math>\mu\text{S}/\text{cm}^2</math>)</b>	1361.778 $\pm$ 20.160	1299.111 $\pm$ 10.856	1574.222 $\pm$ 27.779	1496.222 $\pm$ 35.839	1531.889 $\pm$ 8.781	F(4,40)=135.8, $p < 0.05$
<b>Turbidez (mg/l)</b>	39.027 $\pm$ 61.856	43.756 $\pm$ 74.693	29.627 $\pm$ 26.549	46.226 $\pm$ 57.815	53.031 $\pm$ 32.711	F(4,40)=0.835, n.s
<b>Materia Orgánica (mg/l)</b>	5.691 $\pm$ 6.702	5.655 $\pm$ 7.422	4.52 $\pm$ 3.425	10.796 $\pm$ 11.487	8.02 $\pm$ 4.122	F(4,40)=1.081, n.s
<b>Clorofila-a (ppm)</b>	4.738 $\pm$ 7.966	4.540 $\pm$ 7.805	4.542 $\pm$ 3.932	16.248 $\pm$ 21.677	8.224 $\pm$ 6.285	F(4,40)=1.767, n.s
<b>Clorofila-b (ppm)</b>	2.323 $\pm$ 4.613	2.019 $\pm$ 3.762	1.771 $\pm$ 1.513	6.188 $\pm$ 7.923	3.425 $\pm$ 2.648	F(4,40)=1.364, $p > 0.05$
<b>Clorofila-c (ppm)</b>	186.471 $\pm$ 1124.003	416.995 $\pm$ 96.950	441.431 $\pm$ 149.150	888.744 $\pm$ 671.935	566.998 $\pm$ 155.487	F(4,40)=12.526, n.s
<b>Cobertura vegetal (%)</b>	37.222 $\pm$ 35.804	35 $\pm$ 25.74	29.4444 $\pm$ 35.746	61.111 $\pm$ 32.575	41.111 $\pm$ 36.209	F(4,40)=1.182, n.s

Las variables Clorofilas a, y c se obtienen diferencias significativas con respecto a la presencia y ausencia de caracol manzana (Tabla 4). Además, también obtenemos diferencia marginalmente significativa, en el cálculo de diferencias entre presencia y ausencia de caracol manzana de la variable Clorofila b y entre los 5 tratamientos de la variable Clorofila c.

Los resultados de los ANOVA de la variable conductividad reflejan diferencias significativas entre los 5 tratamientos, entre presencia y ausencia de cangrejo azul, entre presencia y ausencia de caracol manzana.

Tabla 4. Diferencias significativas de las diferentes variables en cada tratamiento respecto a parámetros fisicoquímicos.

Variable	ANOVA	Diferencias significativas
<b>Clorofila a</b>	F(1,43)=4.923, $p=0.00318$	Significativamente mayor en tramos invadidos por Caracol manzana
<b>Clorofila b</b>	F(1,43)=3.846, $p=0.0564$	Significativamente mayor en tramos invadidos por Caracol manzana
<b>Clorofila c</b>	F(4,40)=5.745, $p=0.021$	Significativamente mayor en tramos invadidos por Caracol manzana
<b>Clorofila c</b>	F(4,40)=12.526, $p=0.0557$	Entre los 5 tratamientos
<b>Conductividad</b>	F(4,40)=135.8, $p < 2 \cdot e^{-16}$	Entre los 5 tratamientos
<b>Conductividad</b>	F(1,43)=199.5, $p < 2 \cdot e^{-16}$	Significativamente mayor en tramos invadidos por Cangrejo azul
<b>Conductividad</b>	F(1,43)=8.556, $p=0.00548$	Significativamente mayor en tramos invadidos por Caracol manzana



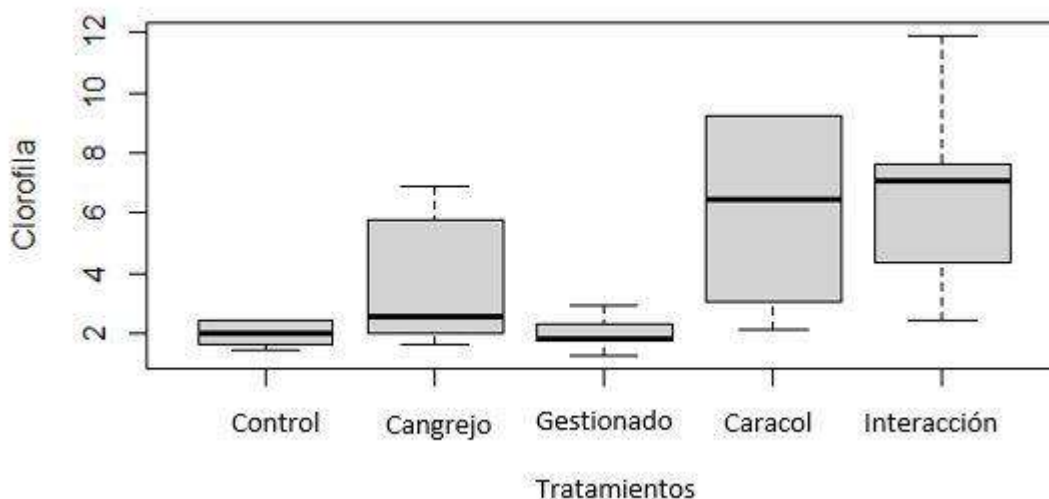


Figura 12: Grafica de caja de la variable Clorofila.

En cuanto a la variación de la concentración de Materia orgánica, no se obtienen resultados estadísticos significativos, sin embargo, en la Figura 13 se puede observar las diferencias de concentración de materia orgánica entre tratamiento, en sustrato (%) y en columna de agua (mg/l).

No se observan variaciones significativas entre los tratamientos con presencia y ausencia de caracol manzana en el sustrato, sin embargo, en cuanto a la presencia de materia orgánica en la columna de agua se observa que en los tratamientos con presencia de caracol es donde mayor concentración de materia orgánica por litro hay en estudio.

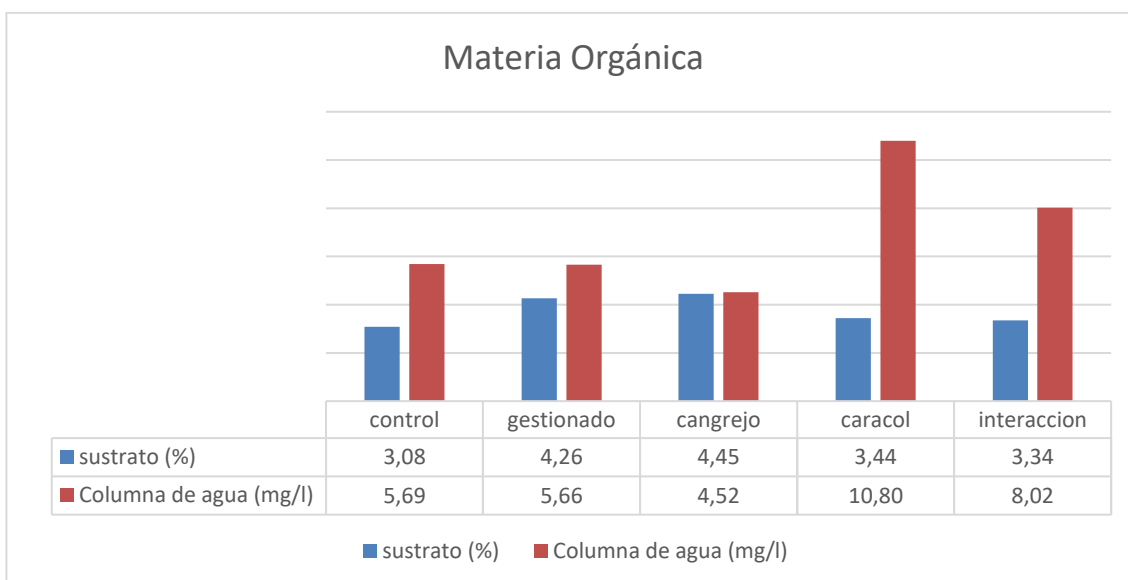


Figura 13: Grafico concentración de Materia Orgánica en el sustrato y en la columna de agua, por tratamientos.

### 7.1.3. Análisis estadísticos macroinvertebrados

El total de individuos recolectados en el muestreo fue de 3.363. Estos se agruparon en 45 familias distintas. Debido a la variedad de resultados obtenidos en el proceso de identificación de familias y especies de macroinvertebrados, en este apartado se representan las familias con más individuos capturados, se representa en familias debido a la imposibilidad de obtener la especie en todos los individuos estudiados, sin embargo, se muestra la identificación total de las especies en el apéndice II. Por lo tanto, en la tabla 5, podemos observar las familias con mayor número de individuos capturados. En la Figura 14 se puede apreciar las diferencias en cuanto a abundancia y composición de macroinvertebrados entre los 5 tratamientos estudiados.

*Tabla 5. Familias con mayor número de individuos en el muestreo.*

<b>Familia</b>	<b>Individuos capturados</b>
<b>Atyidae</b>	169
<b>Baetidae</b>	203
<b>Caenidae</b>	245
<b>Chironomidae</b>	245
<b>Coenagrionidae</b>	1124
<b>Neritidae</b>	329
<b>Physidae</b>	337
<b>Planorbidae</b>	117

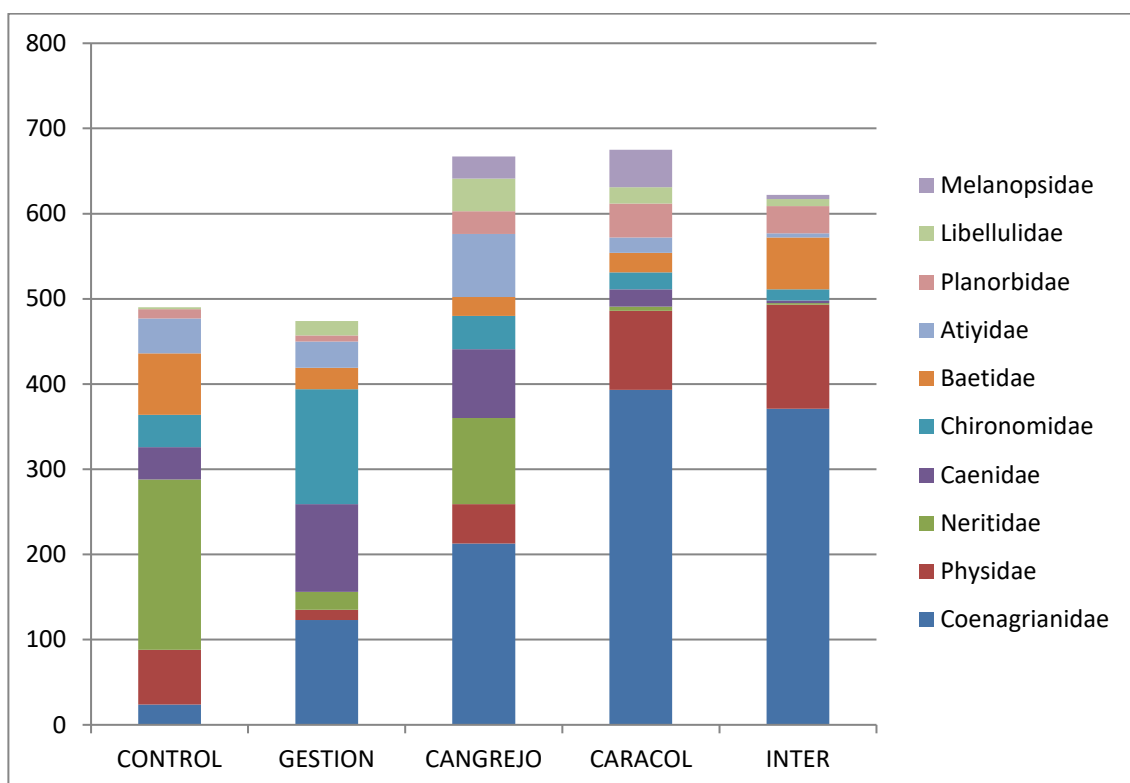


Figura 14: Grafico del número de individuos de cada familia capturados por tratamiento.

En cuanto a la clasificación de masas de agua para cada tratamiento por medio del índice IBMWP obtenemos que las masas de agua tienen una calidad buena en todos los tratamientos salvo en el tratamiento Cangrejo, donde la calidad del agua es muy buena (Tabla 6).

Tabla 6. Puntuación IBMWP de cada tratamiento.

Tratamiento	Puntuación IBMWP	Clase
Control	93	II
Gestionado	94	II
Cangrejo	120	I
Caracol	92	II
Interacción	89	II

Las variables estadísticas respectivas a los macroinvertebrados se muestran en la tabla 7, en la cual se puede observar la media obtenida de las variables en cada tratamiento con su desviación estándar y el valor del ANOVA que diferencia la variable entre los 5 tratamientos.

Tabla 7. Resultados estadísticos de las diferentes variables en cada tratamiento respecto a macroinvertebrados. n.s= diferencias no significativas.

Variable	Control	Gestión	Cangrejo	Caracol	Interacción	ANOVA
Riqueza	2.335 ± 0.247	2.22 ± 0.47	2.46 ± 0,662	2.008 ± 0.305	1.839 ± 0.447	F(4,40)=1.95, n.s
Shannon	2.11 ± 0.731	1.648 ± 0.336	1.809 ± 0.332	1.342 ± 0.313	1.349 ± 0.374	F(4,40)=2.102, n.s
Abundancia	74.333 ± 37.668	60.333 ± 27.390	82 ± 29.766	82.333 ± 63.950	74.667 ± 32.184	F(4,40)=2.423, n.s

Los resultados de los ANOVA para las variables relacionadas con los macroinvertebrados, no resultan ser diferencias significativas en Abundancia y Riqueza, sin embargo, la variable Shannon tiene diferencias significativas entre presencia y ausencia de caracol manzana.

Tabla 8. Diferencias significativas de las diferentes variables en cada tratamiento respecto a macroinvertebrados.

Variable	ANOVA	Diferencias significativas
Shannon	F(1,43)=5.401, p=0.0249	Significativamente inferior en los tramos invadidos por Caracol manzana

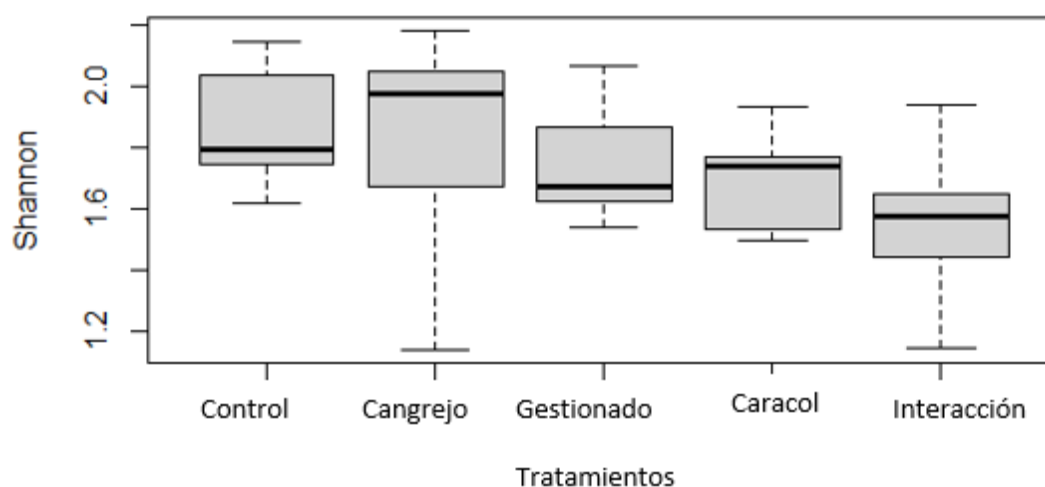


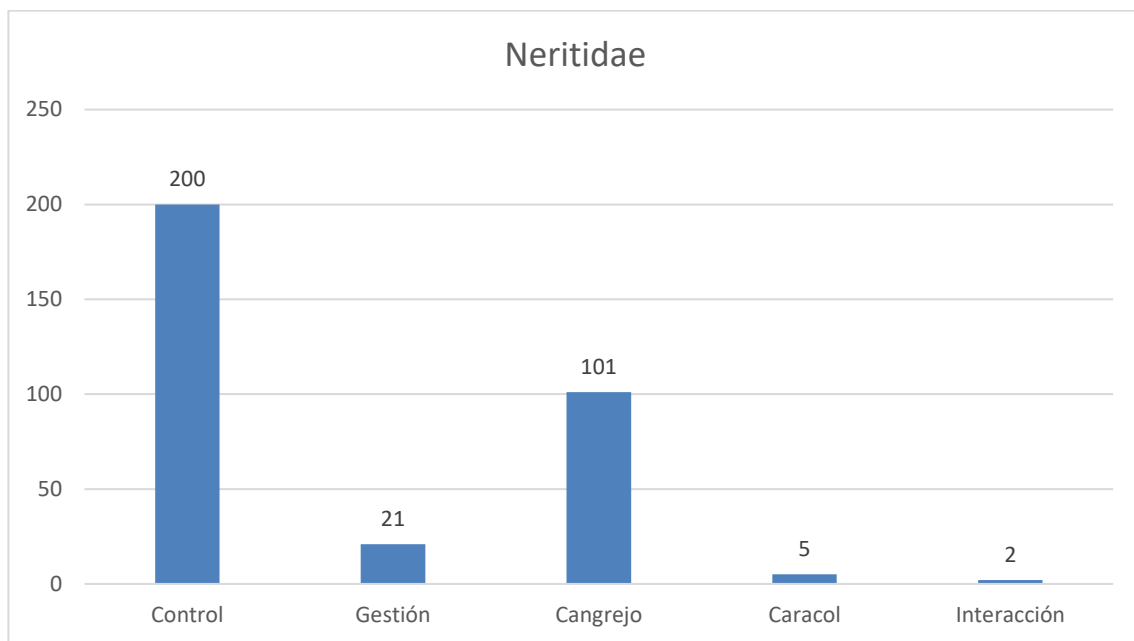
Figura 15: Grafica de caja de la variable Shannon.

Aunque los datos estadísticos agrupados entre índices y variables no arrojen afecciones a las poblaciones de macroinvertebrados. La familia Neritidae cuenta con un alto número de ejemplares identificados en el tratamiento Control y con presencia en los nueve puntos de muestreo, en el tratamiento Gestión se recogen pocos individuos y en tres puntos no se obtiene presencia de individuos, en el tratamiento Cangrejo hay puntos de muestreo con gran presencia de individuos, puntos con poca y dos puntos con ninguna, en los dos tratamientos que hay presencia de caracol manzana se obtienen resultados de solo 5 puntos de muestreo

de 18 con presencia y en ninguno de los casos el número de individuos supera los 2 ejemplares capturados (Tabla 9 y Figura 16).

*Tabla 9. Total de individuos de las familias de gasterópodos en cada tratamiento.*

Familia	Control	Gestión	Cangrejo	Caracol	Interacción
<b>Physidae</b>	64	12	27	93	122
<b>Melanopsidae</b>	0	0	24	44	5
<b>Planorbidae</b>	11	7	27	40	32
<b>Neritidae</b>	200	21	101	5	2



*Figura 16: Grafico número de individuos capturados de la familia Neritidae en los distintos tratamientos.*

## 8. DISCUSIÓN

El caracol manzana (*P. insularum*) y el cangrejo azul (*C. sapidus*) son especies de invertebrados invasores que han colonizado varios continentes y desde hace años generan gran preocupación y daños, tanto económicos como ambientales.

### 8.1. Evolución del Caracol manzana

El caracol manzana cuentan con una gran capacidad colonizadora debido a sus dos sistemas de respiración (acuática y aérea; Tamburi, 2016), sus hábitos alimentarios generalistas (Kwong, 2009) y su éxito reproductivo (cientos de huevos por puesta, varias de estas a la semana y alta tasa de supervivencia de los mismos (Teo, 2004) entre otros rasgos.

Debido a estos factores hacen que dicha especie se propague rápidamente, en 2016 con los trabajos de gestión realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) efectuados por la empresa Paleoymás se retiraron del medio 6680 individuos (García, 2017)

Con los trabajos de gestión realizados desde 2014 y la entrada del cangrejo azul al medio, la dinámica de crecimiento de la población cambia, retirándose un total de 50 individuos adultos en el mismo tramo del río (Paleoymás, 2020).

### 8.2. Evolución del Cangrejo azul

Respecto al cangrejo azul, no hay estudios referencia de la dispersión y abundancia de la especie dentro del río Ebro, ni del tramo de estudio en cuestión.

Sin embargo, hay estudios en otros lugares de la península donde la abundancia promedio de individuos es de 0,03 ind/m<sup>2</sup> y con un valor máximo de 0,1 ind/m<sup>2</sup> en la albufera de valencia (Mocoli 2020), estando por debajo del individuo de cangrejo por metro cuadrado.

Este hecho se puede observar en otros estudios realizados en la bahía de Chesapeake donde la densidad varía entre 0,06 ind/m<sup>2</sup> y 0,16 ind/m<sup>2</sup> (Sharov et al., 2003) y en estudios más actuales de la misma bahía la densidad varía entre 0,08 ind/m<sup>2</sup> a 0,63 ind/m<sup>2</sup> (Hines 2007), observándose un aumento de la abundancia, pero sin superar 1 ind/m<sup>2</sup>.

### 8.3. Impactos de las especies exóticas invasoras en el río Ebro

La creciente expansión de especies exóticas invasoras (EEI) es sin duda uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la biodiversidad a nivel mundial (Sala et al., 2000), tan solo por detrás de la destrucción del hábitat (McLellan et al., 2014).

Los datos reflejados en cuanto al caracol manzana y en relación a la hipótesis H1, se observa que las proporciones de clorofila son significativamente diferentes entre la presencia y

ausencia del caracol. Dado el tipo de alimentación del caracol manzana, cabe esperar que las diferencias entre las concentraciones de clorofila sean debidas a una disminución en la cobertura y riqueza de plantas acuáticas, por lo que aumenta la concentración de algas. Sin embargo, respecto a los datos obtenidos de cobertura vegetal, el tratamiento Caracol es donde la cobertura vegetal es mayor respecto a los demás tratamientos. Este hecho podría ir ligado a la presencia del cangrejo azul, siendo la cobertura vegetal una de las defensas naturales del caracol manzana frente al cangrejo azul, además de una fuente de alimento idónea para su supervivencia.

En cuanto a la variación de la concentración de Materia orgánica planteada en la hipótesis H1, en la Figura 13 se puede observar las diferencias de concentración de materia orgánica entre tratamiento, en sustrato (%) y en columna de agua (mg/l).

No se observan variaciones significativas entre los tratamientos con presencia y ausencia de caracol manzana en el sustrato, sin embargo, en cuanto a la presencia de materia orgánica en la columna de agua se observa que en los tratamientos con presencia de caracol es donde mayor concentración de materia orgánica por litro hay en estudio.

Respecto a los demás parámetros fisicoquímicos del medio, no se reflejan diferencias significativas entre la presencia y la ausencia de la especie.

En cuanto a la afección a los macroinvertebrados planteada en las hipótesis 2 y 3, la principal clase afectada que se prevé es la gasterópoda (Tabla 9). En la identificación de macroinvertebrados se obtienen tres familias de gasterópodos, Physidae, Melanopsidae, Planorbidae y Neritidae. En cuanto a las dos primeras familias la presencia o ausencia de caracol manzana en los puntos de muestreo no parece afectarle. En el caso de la familia Melanopsidae no está presente en los Tratamientos Control y Gestión y con una presencia reducida en los otros tres tratamientos, en el caso de las familias Physidae y Planorbidae su concentración es irregular entre todos los puntos en todos los tratamientos, sin resaltar una correlación con la presencia o ausencia del caracol manzana.

Sin embargo la familia Neritidae cuenta con un alto número de ejemplares identificados en el tratamiento Control y con presencia en los nueve puntos de muestreo, en el tratamiento Gestión se recogen pocos individuos y en tres puntos no se obtiene presencia de individuos, en el tratamiento Cangrejo hay puntos de muestreo con gran presencia de individuos, puntos con poca y dos puntos con ninguna, en los dos tratamientos que hay presencia de caracol manzana se obtienen resultados de solo 5 puntos de muestreo de 18 con presencia y en ninguno de los casos el número de individuos supera los 2 ejemplares capturados (Figura 16).



En cuanto al resto de familias de macroinvertebrados los datos obtenidos no reflejan una afección directa del caracol manzana sobre sus poblaciones, hay familias que solo presentan individuos en el tratamiento control, al igual que hay familias que en el tratamiento control no tienen representación y, sin embargo, en tratamientos con presencia de las especies exótica invasoras a tratar si hay presencia de dichas familias. Por lo que solo se cumple la hipótesis H2. Teniendo en cuenta que los datos fisicoquímicos del medio no tienen resultados significantes en presencia y ausencia del caracol manzana se puede suponer que la presencia o ausencia de dichas familias está ligada a otros parámetros no estudiados en el presente informe.

Los datos reflejados en cuanto al cangrejo azul, no dan evidencias significativas, sin embargo, podemos observar que, respecto a la hipótesis H4, la media de valores de materia orgánica entre tratamientos, (Figura 16), es menor en la columna de agua en presencia de solo cangrejo y a la vez es mayor en sustrato en presencia de solo cangrejo, esto puede ser debido a su alimentación, depredando otros organismos, depositándose los restos en el lecho aumentando la concentración de materia orgánica.

Respecto a los demás parámetros fisicoquímicos del medio, no se reflejan diferencias significativas entre la presencia y la ausencia de la especie.

En cuanto a la afección a los macroinvertebrados y en relación a las hipótesis H4 y H5, se cumple la disminución de la presencia del caracol manzana y el descenso de su población con la aparición del cangrejo, como se puede comparar entre los datos obtenidos en el mismo tramo en 2016 y los datos obtenidos en el muestreo y en la gestión realizada en 2020. Además, otra especie exótica invasora también reduce su presencia drásticamente en presencia del cangrejo, se trata de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) tanto en el tratamiento Control como en el tratamiento Gestionado se localizan individuos vivos de la especie, sin embargo, en los tratamientos con presencia del cangrejo no hay obtención de individuos vivos.

Respecto a la abundancia del cangrejo, como en estudios en otras áreas su abundancia es inferior al individuo por metro cuadrado, 0,1 Ind/m<sup>2</sup> en el caso del tratamiento Cangrejo, 0,4 Ind/m<sup>2</sup> en el tratamiento Caracol y finalmente 0,15 Ind/m<sup>2</sup> en el tratamiento Interacción. Es llamativo que el tramo sin presencia de caracol manzana se observen menos cangrejos, esto puede ser debido a la menor disponibilidad de grandes presas, como es el caracol manzana, además, en la fecha de realización del estudio, el cangrejo está presente en los tratamientos Cangrejo, Caracol e Interacción, debido a que ya no existe un tramo donde solo haya presencia de caracol y sin cangrejo. Estos dos hechos se podrían explicar: que la búsqueda

del caracol manzana como alimento por parte del cangrejo azul, distribuye de manera diferente la presencia de la especie en los distintos tramos del río Ebro.

En cuanto a la depredación seleccionada planteada en la hipótesis H4, no se observan diferencias significativas en las muestras de macroinvertebrados, existiendo especies de tamaños variados en presencia del cangrejo. Sin embargo, en cuanto a las dos especies exóticas invasoras citadas anteriormente, si se observa la falta de presencia de la almeja asiática y un aumento de la abundancia del cangrejo azul en presencia del caracol manzana.

## 9. CONCLUSIONES

El río Ebro es un hábitat heterogéneo, en el que es posible encontrar múltiples microhábitats que son aprovechados por las especies exóticas invasoras, en este caso el *P. insularum* y el *C. sapidus*, pero también esta heterogeneidad permite que las especies autóctonas tengan más facilidad para evitar los posibles efectos negativos de las especies invasoras.

La presencia del caracol manzana no afecta a todos los gasterópodos acuáticos por igual, la familia de gasterópodos a priori más afectada es la Neritidae, esta afección se debe a competencia directa por la obtención de alimento, ya que esta especie se alimenta principalmente de diatomeas, algas y detritus (plantas o animales muertos), pero no puede competir contra la voracidad que presenta el caracol manzana, reduciendo así la disponibilidad de alimento.

La presencia del Caracol Manzana puede variar los compuestos orgánicos como la presencia de clorofila a y las concentraciones de materia orgánica en el agua, por consumo y excreción de los macrófitos presentes en las zonas invadidas.

El cangrejo azul es una especie de gran voracidad, que encuentra en el río Ebro los recursos suficientes para prosperar en el medio. Debido a su gran tamaño y la cantidad de alimento disponible en el propio río, no afecta de manera significativa a las poblaciones de macroinvertebrados presentes en el bajo Ebro por depredación directa, ya que estos tienen un tamaño reducido. Además, existen especies exóticas invasoras de moluscos que por su tamaño o su gran población sirven de alimento al cangrejo, como es el caracol manzana y la almeja asiática, pudiendo llegar a desaparecer debido a la depredación directa.

Debido a la depredación directa del cangrejo sobre el caracol manzana, este se encuentra en sitios donde las características del medio le otorgan defensas contra dicha depredación, como es el caso de zonas con gran cantidad de macrófitos y escolleras con agujeros donde refugiarse.

La gran depredación del cangrejo azul y sus hábitos alimenticios, producen un aumento de la materia orgánica en el sustrato, ya sea por excreciones o por deposición de restos de otros organismos.

La abundancia del cangrejo azul en el río Ebro es similar a la estudiada en otras áreas con presencia de la especie, demostrando su fácil dispersión en cauces de agua salda, también se observa que el número de individuos es mayor en zonas donde el alimento es más abundante como en las zonas con presencia de caracol manzana con una abundancia de 0,4 ind/m<sup>2</sup> siendo un valor bastante elevado en comparación de los otros tratamientos.

No solo en el río Ebro existen estas dos especies exóticas invasoras que pueden afectar al medio, a los parámetros fisicoquímicos, al sustrato y a otras especies, sino que el Ebro es un río donde proliferan multitud de especies exóticas invasoras, tanto fauna como flora, pudiendo alterar los resultados del estudio y depredar de forma seleccionada las especies presentes en el medio.

## 10. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quería agradecer profundamente a mi directora Belinda Gallardo Armas, por haber permitido poder hacer este proyecto con ella, por estar siempre disponible para resolver mis dudas, por enseñarme a usar programas de estadística, por permitirme conocer su forma de trabajo y darme cuenta de la labor tan importante que desempeña y por enseñarme todo lo necesario para desarrollar un trabajo de fin de grado.

A todos los participantes del Instituto Pirenaico de Ecología de Zaragoza, por ayudarme realizando los análisis de las muestras fisicoquímicas y de sustrato en el laboratorio.

A Rocío López Flores por ayudarme a contactar con Belinda, ayudarme con la realización del trabajo y ser mi ponente.

A el cuerpo técnico de Paleoymás por ayudarme en la recogida de las muestras, parámetros in situ en todos los tramos de estudio del río Ebro, por ofrecerme datos de estudios anteriores y resultados de individuos retirados de caracol manzana y por dejarme usar sus instalaciones para realizar el presente documento.

A mis padres por su infinita paciencia y por apoyarme e insistir en todo momento en mi formación y aprendizaje.

A mi hermana por la ayuda y la guía en la realización del trabajo con su experiencia previa en la misma carrera.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Andree, K.B. & López, M.A. (2013). Species identification from archived snail shells via genetic analysis: a method for DNA extraction from empty shells. *Moll. Res.* 33, 1–5.

Burlakova, L.E., et al., Differences in population dynamics and potential impacts of a freshwater invader driven by temporal habitat stability. *Biological Invasions*, 2010. 12(4): p. 927-941.

Bradshaw, C.J.A., et al., Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature Communications*, 2016. 7: p. 12986.

Cowie, R. H. (2002). Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts and management. *Barke. Centre for Agriculture and Bioscience International*, 145-192.

Cowie, R.H. and K.A. Hayes, Apple snails. *A Handbook of Global Freshwater Invasive Species*. Earthscan, Oxon, 2012: p. 207-221.

Diagne, C., Leroy, B., Vaissière, A. C., Gozlan, R. E., Roiz, D., Jarić, I., ... & Courchamp, F. (2021). High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, 592(7855), 571-576.

Dirección General de Agricultura y Ganadería, Junta de Extremadura. (2020). *PLAN DE CONTINGENCIA DE CARACOL MANZANA "Pomacea sp." EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE EXTREMADURA*. [http://www.juntaex.es/filescms/con03/uploaded\\_files/SectoresTematicos/Agricultura/SanidadVegetal/CaracolManzana/CaracolManzana\\_PlanDeContingenciaExtremadura2019.pdf](http://www.juntaex.es/filescms/con03/uploaded_files/SectoresTematicos/Agricultura/SanidadVegetal/CaracolManzana/CaracolManzana_PlanDeContingenciaExtremadura2019.pdf)

Gallardo, B., et al., Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. *Global Change Biology*, 2015. 22(1): p. 151-163.

García, M. (2017). *Estructura y rasgos biológicos de la población de caracol manzana en el tramo bajo del río Ebro*. UNIZAR.

Generalitat de Catalunya (2018). Diagnosi i situació actual del Cranc Blau (*Callinectes sapidus*) al delta de l'Ebre [Archivo PDF]. Recuperado de

[http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits\\_dactuacio/patrimoni\\_natural/especies\\_exotiques\\_medinatural/gestio\\_fauna\\_invasora/cranc\\_blaue/Informe\\_Cranc\\_Callinectes\\_sapidus.pdf](http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/patrimoni_natural/especies_exotiques_medinatural/gestio_fauna_invasora/cranc_blaue/Informe_Cranc_Callinectes_sapidus.pdf)

Gherardi, F., Biological invasions in inland waters: an overview, in Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats, F. Gherardi, Editor. 2007, Springer Netherlands. p. 3-25.

Hines, A. H. (2007). Ecology of Juvenile and Adult Blue Crabs. En V. S. Kennedy, & L. E. Cronin (Edits.), *Biology of the blue crab* (págs. 575-665). Maryland Sea Grant College.

Hughes, R. N., & Seed, R. (1981). Size Selection of Mussels by the Blue Crab *Callinectes sapidus*: Energy Maximizer or Time Minimizer. *Marine Ecology - Progress Series*, 83-89.

Kwong, K. C. (2009). The potential of invasive snail *Pomacea canaliculata* as a predator of various life-stages of five species of freshwater snails. *Malacologia* 51(2), 343-356.

López, M.A., López, V., Alas, J. & Martínez, D. (2009). *Anàlisi de la presència i distribució del caragol poma (Pomacea sp.) al Delta de l'Ebre*. Forestal Catalana & Direcció General del Medi Natural, Barcelona.

López Soriano, J., Quinonero Salgado, S. & Tarruella, A. (2009). Presencia masiva de *Pomacea cf. canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Ampullariidae) en el Delta del Ebro (Cataluna, Espana). *Spira* 3, 117–121.

Laughlin, R. A. (1982). Feeding habits of the blue crab, *Callinectes sapidus* rathbun, in the Apalachicola Estuary, Florida. *Marine Science*, 32(4), 807-822.

Marsal, J. (21 febrero, 2020). Capturados 2,2 millones de cangrejos azules en Catalunya desde 2016. *La Vanguardia*. Recuperado de <https://www.lavanguardia.com/local/tarragona/20200221/473679489755/capturados-millones-cangrejos-azules-catalunya-desde-2016-delta-ebro-tarragona.html>

McLellan, R., et al., Living Planet Report 2014: species and spaces, people and places. 2014: World Wide Fund for Nature.

Millikin, M. R., & Williams, A. B. (1984). *Synopsis of Biological Data on the Blue Crab, Callinectes sapidus Rathburn*. FAO Fisheries Synopsis No. 138. NOAA Technical Report NMFS 51.

Mocoli, V. (2020). Abundancia y uso del hábitat del cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) en la Albufera de Valencia. Universitat Politècnica de Valencia. Gandia.

Plaza, T., Galimani, G. (1 de noviembre 2013). El caracol manzana, una nueva plaga del cultivo del arroz. *Vida Rural. Cereales de invierno*. P. 50-56

Pujals, J. (2014). El mar derrota al caracol manzana. *Ecovant*.  
[https://www.ecoavant.com/naturaleza/el-mar-derrota-al-caracol-manzana\\_2084\\_102.html](https://www.ecoavant.com/naturaleza/el-mar-derrota-al-caracol-manzana_2084_102.html)

Sala, O.E., et al., Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 2000. 287(5459): p. 1770-1774.

Sánchez, E. (3 marzo, 2019). El cangrejo azul toma el Delta del Ebro. *El País*. Recuperado de [https://elpais.com/sociedad/2019/03/01/actualidad/1551442986\\_228020.html](https://elpais.com/sociedad/2019/03/01/actualidad/1551442986_228020.html)

Seebens, H., et al., No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, 2017. 8: p. 14435.

Sharov, A., Volstad, J., Davis, G., Davis, B., Lipcius, L., & Montane, M. (2003). Abundance and exploitation rate of the blue crab (*Callinectes sapidus*) in Chesapeake Bay. *Bulletin of Marine Science*, 72(2), 543-565.

Tamburi, N. M. (2016). Effects of absolute fasting on reproduction and survival of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata* in its native range. *Current Zoology*, 1-7.

Teo, S. S. (2004). Biology of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822), with emphasis on responses to certain environmental conditions in Sabah, Malaysia. *Mollusca Research*, 139-148.

Yusa, Y., Predators of the introduced apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae): their effectiveness and utilization in biological control. *Global advances in ecology and management of golden apple snails*, 2006: p. 345-361.



## Apéndice I. Resultados estadísticos

### Cálculos de Riqueza de especies.

Cálculo de la diferencia de la variable **Riqueza** entre los 5 tratamientos.

Tabla 10. ANOVA riqueza entre 5 tratamientos.

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>treatment</b>	4	51.64	12.911	1.951	0.121	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	40	264.67	6.617			

ANOVA F(4,40)=1.95, P>0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Riqueza** entre presencia de cangrejo azul y ausencia.

Tabla 11. ANOVA riqueza entre presencia y ausencia de cangrejo azul.

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>BlueCrab</b>	1	1.96	1.959	0.268	0.607	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	43	314.35	7.311			

ANOVA F(1,43)=1.95, P>0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Riqueza** entre presencia de caracol manzana y ausencia.

Tabla 12. ANOVA riqueza entre presencia y ausencia de caracol manzana.

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>applesnail</b>	1	17.13	17.126	2.461	0.124	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	43	299.19	6.958			

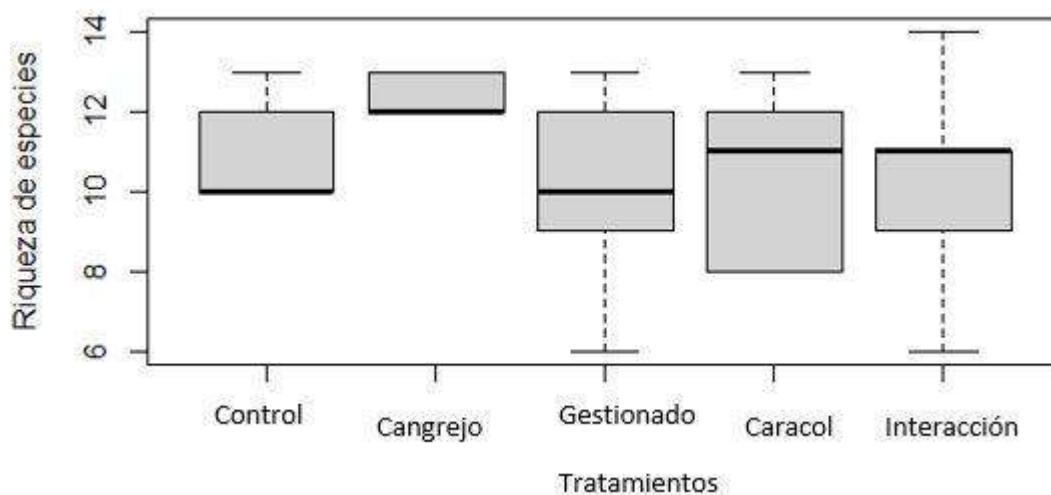


Figura 17: Grafica de caja de la variable Riqueza.

Diferencia **Riqueza** entre parejas de tratamiento, las cuales no son significativas entre ellas.

Tabla 13. **Riqueza entre parejas de tratamiento.**

TRatamiento	diff	lwr	upr	P adj
Cangrejo-control	2.0000	-1.4633	5.4632	0.4759
Gestionado-Control	-0.5556	-4.0188	2.9077	0.9906
Caracol-Control	-0.4444	-3.9077	3.0188	0.9960
Caracol-Cangrejo	-1.1111	-4.5744	2.3522	0.8889
Gestionado-Cangrejo	-2.5556	-6.0188	0.9077	0.2370
Gestionado_caracol-Cangrejo	-2.4444	-5.9077	1.0188	0.2772
Interacción-Cangrejo	-3.1111	-6.5744	0.3522	0.0964
Gestionado_caracol - Gestionado	0.1111	-3.3522	3.5744	0.9999
Interacción-Gestionado	-0.5556	-4.0188	2.9077	0.9906
Interacción-Gestionado_caracol	-0.6667	-4.1299	2.7966	0.9813

### Cálculos del índice Shannon.

Cálculo de la diferencia de la variable **Shannon** entre los 5 tratamientos.

Tabla 14. **ANOVA Shannon entre 5 tratamientos.**

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
treatment	4	0.734	0.184	2.102	0.0985	Diferencias no significativas
residuals	40	3.494	0.874			

ANOVA  $F(4,40)=2.102$ ,  $P>0.05$

Cálculo de la diferencia de la variable **Shannon** entre presencia de cangrejo azul y ausencia.

Tabla 15. ANOVA Shannon entre presencia y ausencia de cangrejo azul.

	DF	Sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>BlueCrab</b>	1	0.103	0.1031	1.075	0.306	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	43	4.125	4.125			

ANOVA F(1,43)=1.075, P>0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Shannon** entre presencia caracol manzana y ausencia.

Tabla 16. ANOVA Shannon entre presencia y ausencia de caracol manzana.

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>applesnail</b>	1	0.472	0.4718	5.401	0.0249	Diferencias significativas
<b>residuals</b>	43	3.757	0.0874			

ANOVA F(1,43)=5.401, P<0.05; diferencia significativa.

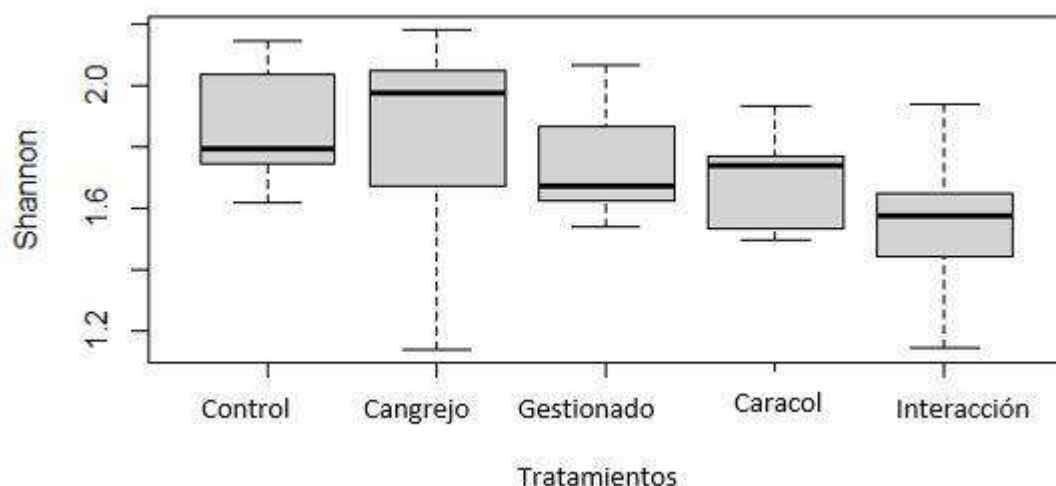


Figura 18: Grafica de caja de la variable Shannon.

Diferencia **Shannon** entre parejas de tratamiento, las cuales no son significativas entre ellas.

Tabla 17. Shannon entre parejas de tratamiento.

TRatamiento	diff	lwr	upr	P adj
<b>Cangrejo-control</b>	-0.0316	-0.4295	0.36632	0.9994
<b>Gestionado-Control</b>	-0.2130	-0.6110	0.1849	0.5503
<b>Caracol-Control</b>	-0.2536	-0.6514	0.1444	0.3769
<b>Caracol-Cangrejo</b>	-0.3276	-0.7255	0.0703	0.1503
<b>Gestionado-Cangrejo</b>	-0.1814	-0.5794	0.2165	0.6913
<b>Gestionado_caracol-Cangrejo</b>	-0.2219	-0.6199	0.1760	0.5105

<b>Interacción-Cangrejo</b>	-0.2960	-0.6939	0.0119	0.2300
<b>Gestionado_caracol - Gestionado</b>	-0.0405	-0.4384	0.3574	0.9984
<b>Interacción-Gestionado</b>	-0.1145	-0.5125	0.2834	0.9222
<b>Interacción-Gestionado_caracol</b>	-0.0741	-0.4720	0.3239	0.9835

### Cálculos de Abundancia de especies.

Cálculo de la diferencia de la variable **Abundancia** entre los 5 tratamientos.

Tabla 18. ANOVA Abundancia entre 5 tratamientos.

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>treatment</b>	4	225373	56343	2.423	0.0639	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	40	930119	23253			

ANOVA F(4,40)=2.423, P>0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Abundancia** entre presencia de cangrejo azul y ausencia.

Tabla 19. ANOVA Abundancia entre presencia y ausencia de cangrejo azul.

	DF	Sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>BlueCrab</b>	1	65116	65116	2.568	0.116	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	43	1090376	25358			

ANOVA F(1,43)=2.568, P>0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Abundancia** entre presencia caracol manzana y ausencia.

Tabla 20. ANOVA Abundancia entre presencia y ausencia de caracol manzana.

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>applesnail</b>	1	7332	7332	0.275	0.603	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	43	1148160	26701			

ANOVA F(1,43)=0.275, P>0.05

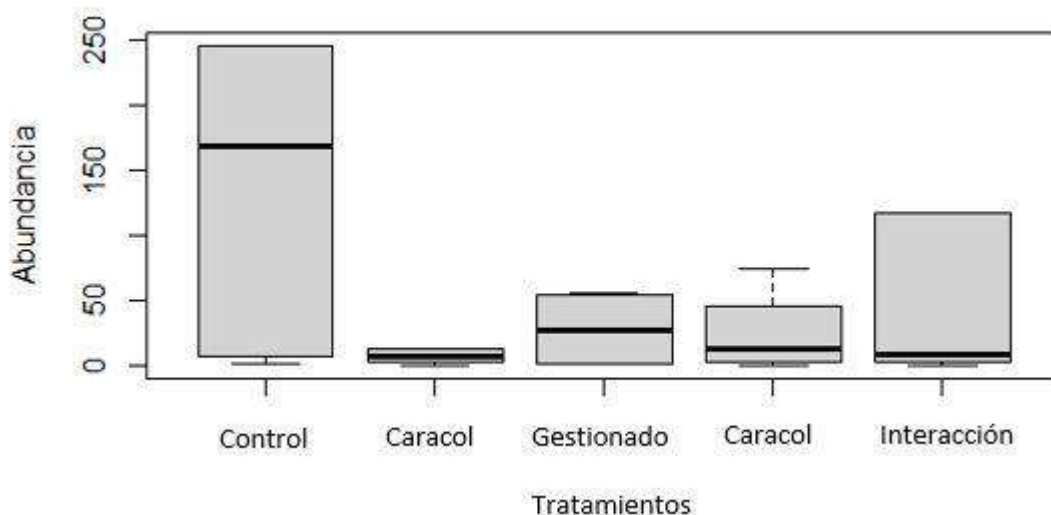


Figura 19: Grafica de caja de la variable Abundancia.

Diferencia **Abundancia** entre parejas de tratamiento, las cuales no son significativas entre ellas.

Tabla 21. **Abundancia entre parejas de tratamiento.**

TTratamiento	diff	lwr	upr	P adj
Cangrejo-control	-193.0000	-398.3076	12.3076	0.0742
Gestionado-Control	-169.0000	-374.3076	36.3076	0.1503
Caracol-Control	-179.1111	-384.4187	26.1965	0.1129
Caracol-Cangrejo	-114.3333	-319.6410	90.9743	0.5120
Gestionado-Cangrejo	24.0000	-181.3076	229.3076	0.9972
Gestionado_caracol-Cangrejo	13.8889	-191.4187	219.1965	0.9997
Interacción-Cangrejo	78.6667	-126.6410	283.9743	0.8084
Gestionado_caracol - Gestionado	-10.1111	-215.4187	195.1965	0.9999
Interacción-Gestionado	54.6667	-150.6410	259.9743	0.9403
Interacción-Gestionado_caracol	64.7778	-140.5298	270.0854	0.8948

### Cálculos sobre la Cobertura Vegetal.

Cálculo de la diferencia de la variable **Cobertura Vegetal** entre los 5 tratamientos.

Tabla 22. ANOVA Cobertura vegetal entre 5 tratamientos.

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>treatment</b>	4	0.529	0.1323	1.182	0.333	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	40	4.476	0.1119			

ANOVA F(4,40)=1.182, P>0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Cobertura Vegetal** entre presencia de cangrejo azul y ausencia.

Tabla 23. ANOVA Cobertura vegetal entre presencia y ausencia de cangrejo azul.

	DF	Sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>BlueCrab</b>	1	0.065	0.06533	0.569	0.455	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	43	4.939	0.11487			

ANOVA F(1,43)=0.569, P>0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Cobertura Vegetal** entre presencia caracol manzana y ausencia.

Tabla 24. ANOVA Cobertura vegetal entre presencia y ausencia de caracol manzana.

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>applesnail</b>	1	0.320	0.3203	2.94	0.0936	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	43	4.684	0.1089			

ANOVA F(1,43)=2.94, P>0.05

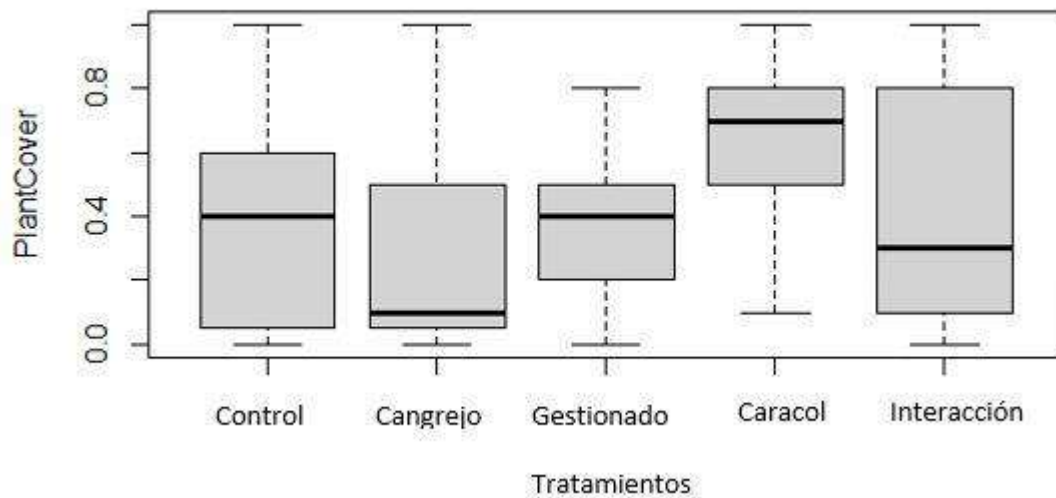


Figura 20: Grafica de caja de la variable Cobertura Vegetal.

Diferencia **Cobertura Vegetal** entre parejas de tratamiento, las cuales no son significativas entre ellas.

Tabla 25. Cobertura Vegetal entre parejas de tratamiento.

TRatamiento	diff	lwr	upr	P adj
Cangrejo-control	-0.0778	-0.5281	0.3726	0.9876
Gestionado-Control	-0.0222	-0.4726	0.4281	0.9999
Caracol-Control	0.2389	-0.2115	0.6892	0.5591
Caracol-Cangrejo	0.0389	-0.4115	0.4892	0.9991
Gestionado-Cangrejo	0.0556	-0.3948	0.5059	0.9966
Gestionado_caracol-Cangrejo	0.3167	-0.1337	0.7670	0.2807
Interacción-Cangrejo	0.1167	-0.3337	0.5670	0.9457
Gestionado_caracol - Gestionado	0.2611	-0.1892	0.7115	0.4719
Interacción-Gestionado	0.06111	-0.3892	0.5115	0.9950
Interacción-Gestionado_caracol	-0.2000	-0.6504	0.2504	0.7116

### Cálculos de la Clorofila, tanto de la Clorofila a, b y c.

Cálculo de la diferencia de la variable **Clorofila a,b y c** entre los 5 tratamientos.

Tabla 26. ANOVA Clorofila a entre 5 tratamientos.

a	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
treatment	4	918	229.5	1.767	0.155	Diferencias no significativas
residuals	40	5196	329.9			

ANOVA  $F(4,40)=1.767$ ,  $P>0.05$

Tabla 27. ANOVA Clorofila b entre 5 tratamientos.

b	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
treatment	4	116.1	29.08	1.364	0.264	Diferencias no significativas
residuals	40	853.0	21.32			

ANOVA  $F(4,40)=1.364$ ,  $P>0.05$

Tabla 28. ANOVA Clorofila c entre 5 tratamientos.

c	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
treatment	4	1285715	321429	2.526	0.0557	Diferencias marginalmente significativas
residuals	40	5090822	127271			

ANOVA  $F(4,40)=12.526$ ,  $P>0.05$

Cálculo de la diferencia de la variable **Clorofila a, b y c** entre presencia caracol manzana y ausencia.

Tabla 29. ANOVA Clorofila a entre presencia y ausencia de caracol manzana.

a	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
applesnail	1	628	628.1	4.923	0.00318	Diferencias significativas
residuals	43	5486	127.6			

ANOVA  $F(1,43)=4.923$ ,  $P<0.05$

Tabla 30. ANOVA Clorofila b entre presencia y ausencia de caracol manzana.

b	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
treatment	1	79.6	79.57	3.846	0.0564	Diferencias marginalmente significativas
residuals	43	889.7	20.69			

ANOVA  $F(1,43)=3.846$ ,  $P>0.05$

Tabla 31. ANOVA Clorofila c entre presencia y ausencia de caracol manzana.

c	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
treatment	1	751557	751557	5.745	0.021	Diferencias significativas
residuals	43	5624980	130813			

ANOVA  $F(4,40)=5.745$ ,  $P<0.05$



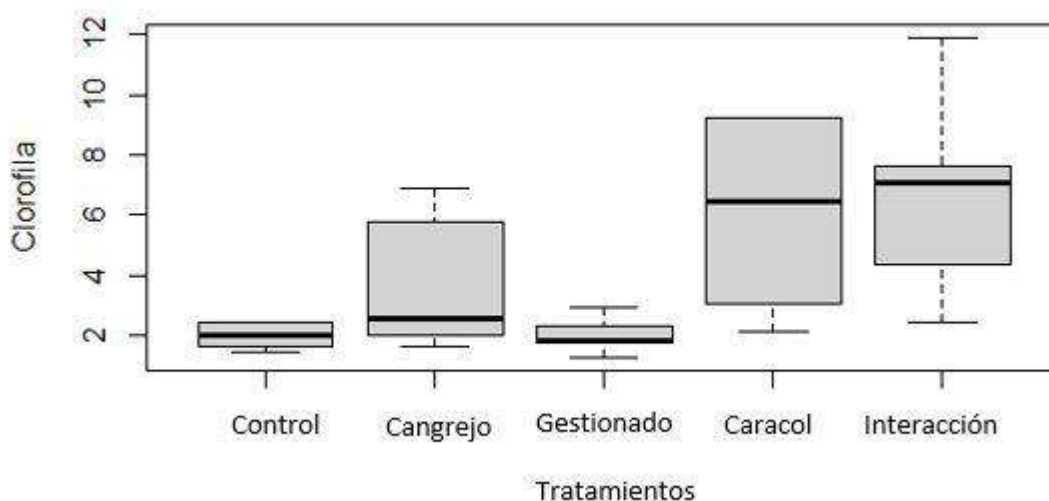


Figura 21: Grafica de caja de la variable Clorofila.

Diferencia **Clorofila a** entre parejas de tratamiento, las cuales no son significativas entre ellas.

Tabla 32. Clorofila a entre parejas de tratamiento.

TRatamiento	diff	lwr	upr	P adj
Cangrejo-control	-0.2045	-15.5503	15.1413	0.9999
Gestionado-Control	-0.2063	-15.5521	15.1395	0.9999
Caracol-Control	11.5013	-3.8445	26.8471	0.2235
Caracol-Cangrejo	3.4775	-11.8683	18.8233	0.9662
Gestionado-Cangrejo	-0.0018	-15.3476	15.3440	1.0000
Gestionado_caracol-Cangrejo	11.7058	-3.6400	27.0516	0.2086
Interacción-Cangrejo	3.6821	-11.6637	19.0279	0.9585
Gestionado_caracol - Gestionado	11.7076	-3.6382	27.0534	0.2085
Interacción-Gestionado	3.6838	-11.6620	19.0296	0.9585
Interacción-Gestionado_caracol	-8.0237	-23.3695	7.3221	0.5727

Diferencia **Clorofila c** entre parejas de tratamiento, las cuales no son significativas entre ellas.

Tabla 33. Clorofila a entre parejas de tratamiento.

TRatamiento	diff	lwr	upr	P adj
Cangrejo-control	-99.3667	-572.6857	387.9524	0.9814
Gestionado-Control	-116.8023	-597.1213	363.5168	0.9565
Caracol-Control	354.9468	-125.3723	835.2658	0.2357
Caracol-Cangrejo	33.2004	-447.1186	513.5195	0.9996
Gestionado-Cangrejo	-24.4356	-504.7546	455.8835	0.9999
Gestionado_caracol-Cangrejo	447.3135	-33.0056	927.6325	0.0785

<b>Interacción-Cangrejo</b>	125.5671	-354.7519	605.8861	0.9440
<b>Gestionado_caracol - Gestionado</b>	471.7490	-8.5700	952.0681	0.0564
<b>Interacción-Gestionado</b>	150.0029	-330.3164	630.3217	0.8982
<b>Interacción-Gestionado_caracol</b>	-321.7464	-802.0654	158.5727	0.3272

**Cálculos de la Materia Orgánica.**

Cálculo de la diferencia de la variable **Materia Orgánica** entre los 5 tratamientos.

*Tabla 34. ANOVA Materia Orgánica a entre 5 tratamientos.*

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>treatment</b>	4	225.9	56.48	1.081	0.378	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	40	2085.7	52.14			

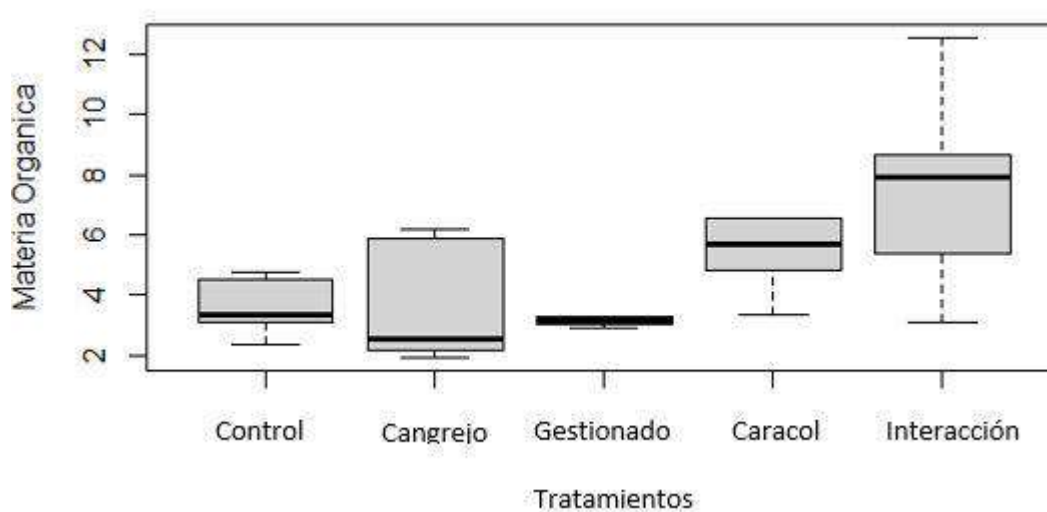
ANOVA F(4,40)=1.081, P>0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Materia Orgánica** entre presencia caracol manzana y ausencia.

*Tabla 35. ANOVA Materia Orgánica entre presencia y ausencia de caracol manzana.*

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>applesnail</b>	1	183.2	183.2	3.702	0.061	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	43	2128.3	49.5			

ANOVA F(1,43)=3.702, P>0.05



*Figura 22: Grafica de caja de la variable Materia Orgánica.*

**Cálculos sobre la Turbidez.**

Cálculo de la diferencia de la variable **Turbidez** entre los 5 tratamientos.

*Tabla 36. ANOVA Turbidez a entre 5 tratamientos.*

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>treatment</b>	4	16221	4055	0.835	0.511	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	40	194183	4855			

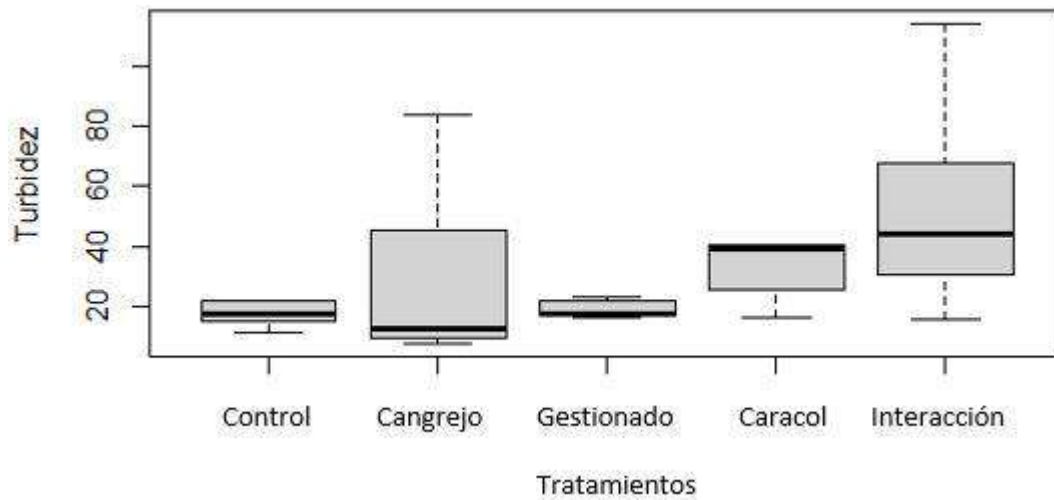
ANOVA F(4,40)=0.835, P>0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Turbidez** entre presencia caracol manzana y ausencia.

*Tabla 37. ANOVA Turbidez a entre presencia y ausencia de caracol manzana.*

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>applesnail</b>	1	10717	10717	2.308	0.136	Diferencias no significativas
<b>residuals</b>	43	199687	4644			

ANOVA F(1,43)=2.308, P>0.05



*Figura 23: Grafica de caja de la variable Turbidez.*

**Cálculos sobre la Conductividad.**

Cálculo de la diferencia de la variable **Conductividad** entre los 5 tratamientos.

*Tabla 38. ANOVA Conductividad a entre 5 tratamientos.*

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>treatment</b>	4	288742	72185	135.8	<2*e <sup>-16</sup>	Diferencias significativas
<b>residuals</b>	40	21260	532			

ANOVA F(4,40)=135.8, P<0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Conductividad** entre presencia cangrejo azul y ausencia.

*Tabla 39. ANOVA Conductividad a entre presencia y ausencia de cangrejo azul.*

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>applesnail</b>	1	255025	255025	199.5	<2*e <sup>-16</sup>	Diferencias significativas
<b>residuals</b>	43	54977	1279			

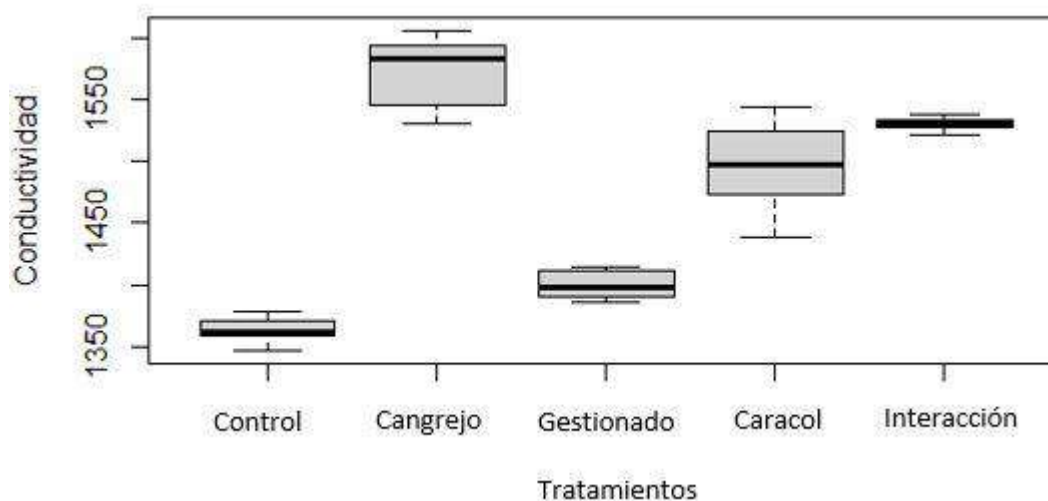
ANOVA F(1,43)=199.5, P<0.05

Cálculo de la diferencia de la variable **Conductividad** entre presencia caracol manzana y ausencia.

*Tabla 40. ANOVA Conductividad a entre presencia y ausencia de caracol manzana.*

	DF	sum	Mean sq	fvalue	Pr(>F)	
<b>applesnail</b>	1	51446	51446	8.556	0.00548	Diferencias significativas
<b>residuals</b>	43	258556	6013			

ANOVA F(1,43)=8.556, P<0.05



*Figura 24: Grafica de caja de la variable Turbidez.*

Diferencia **Conductividad** entre parejas de tratamiento, las cuales son significativas entre ellas.

Tabla 41. *Conductividad entre parejas de tratamiento.*

TRatamiento	diff	Lwr	upr	P adj
<b>Cangrejo-control</b>	212.4444	181.4044	243.4884	0.0000
<b>Gestionado-Control</b>	37.3333	6.2933	68.3734	0.0115
<b>Caracol-Control</b>	134.4444	103.4044	165.4845	0.0000
<b>Caracol-Cangrejo</b>	170.1111	139.0711	201.1511	0.0000
<b>Gestionado-Cangrejo</b>	-175.1111	-206.1511	-144.0711	0.0000
<b>Gestionado_caracol-Cangrejo</b>	-78.0000	-109.0400	-46.9600	0.0000
<b>Interacción-Cangrejo</b>	-42.3333	-73.3734	-11.2933	0.0032
<b>Gestionado_caracol - Gestionado</b>	97.1111	66.0711	128.1511	0.0000
<b>Interacción-Gestionado</b>	132.7778	101.7376	163.8178	0.0000
<b>Interacción-Gestionado_caracol</b>	35.6667	4.6266	66.7067	0.0173

## Apéndice II. Resultados sobre Macroinvertebrados

Tabla 42. Total de individuos capturados de cada familia por tratamiento.

Familia	CONTROL	GESTIÓN	CANGREJO	CARACOL	INTERACCIÓN
Asellidae	0	1	1	0	1
Atiyidae	41	31	74	18	5
Baetidae	72	25	22	23	61
Caenidae	38	103	81	20	3
Cambridae	0	4	0	1	3
Ceratopogonidae	2	1	3	3	5
Chaoboridae	0	0	2	0	0
Chironomidae	38	135	39	20	13
Coenagrionidae	24	123	213	393	371
Corbiculae	26	8	1	1	2
Corduliidae	0	1	1	1	0
Dystriidae	0	0	0	23	5
Ecnomidae	28	13	5	6	2
Enchytraeidae	0	0	5	0	0
Ephemeroptera	51	4	1	0	0
Gammaridae	2	0	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	1	0	0
Haplontidae	0	5	4	1	1
Hydrobiidae	0	0	11	2	1
Hydropsychidae	36	19	1	0	0
Hydroptilidae	9	9	1	0	0
Leptoceridae	0	0	0	1	7
Leptophlebiidae	0	0	4	0	0
Lestridae	0	0	3	12	0
Libellulidae	2	17	38	19	8
Lymnaeidae	0	3	19	16	28
Melanopsidae	0	0	26	44	5
Naididae	0	0	1	0	0
Naucoridae	1	0	0	0	0
Neritidae	200	21	101	5	2
Physidae	64	12	46	93	122
Planorbidae	11	7	27	40	32
Platytenemidae	0	0	7	0	2
Pschomyidae	16	0	0	0	0
Pyralidae	0	0	0	0	4
Simuliidae	8	1	0	0	0

Tabla 43. Cálculo del índice IBMWP para cada tratamiento.

Familia	CONTROL	GESTIÓN	CANGREJO	CARACOL	INTERACCIÓN
Asellidae	0	3	3	0	3
Atiyidae	6	6	6	6	6
Baetidae	4	4	4	4	4
Caenidae	4	4	4	4	4
Cambridae	0	4	0	4	4
Ceratopogonidae	4	4	4	4	4
Chaoboridae	-	-	-	-	-
Chironomidae	2	2	2	2	2
Coenagrionidae	6	6	6	6	6
Corbiculae	-	-	-	-	-
Corduliidae	0	8	8	8	0
Dystriidae	0	0	0	3	3
Ecnomidae	7	7	7	7	7
Enchytraeidae	-	-	-	-	-
Ephemerellidae	7	7	7	0	0
Gammaridae	6	0	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	8	0	0
Haplotaenidae	-	-	-	-	-
Hydrobiidae	0	0	3	3	3
Hydropsychidae	5	5	5	0	0
Hydroptilidae	6	6	6	0	0
Leptoceridae	0	0	0	10	10
Leptophlebiidae	0	0	10	0	0
Lestridae	0	0	8	8	0
Libellulidae	8	8	8	8	8
Lymnaeidae	0	3	3	3	3
Melanopsidae	-	-	-	-	-
Naididae	-	-	-	-	-
Naucoridae	3	0	0	0	0
Neritidae	6	6	6	6	6
Physidae	3	3	3	3	3
Planorbidae	3	3	3	3	3
Platynemididae	0	0	6	0	6
Pschomyidae	8	0	0	0	0
Pyralidae	0	0	0	0	4
Simuliidae	5	5	0	0	0
<b>Total IBMWP</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>120</b>	<b>92</b>	<b>89</b>

Tabla 44. Total de individuos capturados de cada familia por punto de muestreo.

Familia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Asellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atiyidae	2	0	0	0	9	0	29	1	0	0	0	6	0	0	15	0	0	10	6	12	1	0	0
Baetidae	0	3	0	5	15	2	11	11	25	4	2	7	0	0	5	1	5	1	6	1	2	0	0
Caenidae	0	0	4	2	0	9	8	9	6	31	16	3	32	2	2	2	5	10	0	2	15	7	43
Cambridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0
Chaoboridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Chironomidae	6	0	2	20	1	3	1	1	4	3	1	5	13	6	4	73	24	6	1	1	4	0	1
Coenagrionidae	7	0	0	0	1	2	8	4	2	1	8	70	19	3	7	2	4	9	26	30	9	1	6
Corbiculae	1	3	2	7	0	3	0	5	5	2	1	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Corduliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Dystriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ecnomidae	1	1	2	16	2	4	0	1	1	2	4	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1
Ephemerellidae	4	3	14	2	9	2	10	2	5	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Gammaridae	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Haplotaenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	3
Hydrobiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
Hydropsychidae	0	12	0	18	0	0	3	2	1	0	1	0	1	0	0	9	8	0	0	0	0	1	0
Hydroptilidae	0	0	0	5	1	2	1	0	0	1	0	2	4	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Lestridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Libellulidae	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	4	2	1	0	0	1	3	5	1	1	7	0	10
Lymnaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	1	4	0	0
Melanopsidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	4	4	1
Naididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naucoridae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neritidae	3	32	22	83	19	6	10	10	15	9	3	4	1	1	0	0	3	0	1	5	42	42	10
Physidae	19	2	30	1	1	1	5	4	1	1	0	5	2	2	1	0	0	1	5	1	0	0	0
Planorbidae	1	0	8	0	0	0	1	1	0	1	1	2	0	0	0	0	2	1	4	8	2	4	1
Platynemididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	2
Pschomyidae	0	4	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae	0	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0



Tabla 45. Total de individuos capturados de cada familia por punto de muestreo.

Familia	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Asellidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Atiyidae	17	35	1	2	0	0	5	8	0	5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	1
Baetidae	3	0	1	9	2	10	3	3	0	5	0	0	0	2	3	0	14	7	11	10	1	13
Caenidae	4	0	6	4	14	1	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Cambridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0	2	1	0	0	0	0	0
Chaoboridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	21	2	2	7	7	2	2	1	5	0	1	1	1	0	1	3	3	0	3	0	0	3
Coenagrionidae	30	77	9	25	116	49	72	18	10	93	3	7	25	63	45	24	87	36	54	53	1	8
Corbiculae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Corduliidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dystriidae	0	0	0	0	1	18	3	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	2
Ecnomidae	0	1	1	3	0	2	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Enchytraeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ephemereidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gammaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haplotaenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiidae	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lestridae	0	1	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	6	5	4	4	5	4	1	0	1	5	1	0	2	0	3	0	1	0	2	1	0	1
Lymnaeidae	2	2	0	5	3	5	1	1	0	4	0	1	1	2	0	1	7	3	1	4	0	10
Melanopsidae	3	6	0	2	0	0	0	0	2	7	34	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
Naididae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neritidae	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Physidae	4	12	5	19	4	13	4	5	0	61	1	1	4	12	0	30	5	10	15	26	0	24
Planorbidae	0	5	3	0	4	3	1	3	0	22	0	2	5	2	6	7	3	0	7	1	0	6
Platyenemidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Pschomyidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

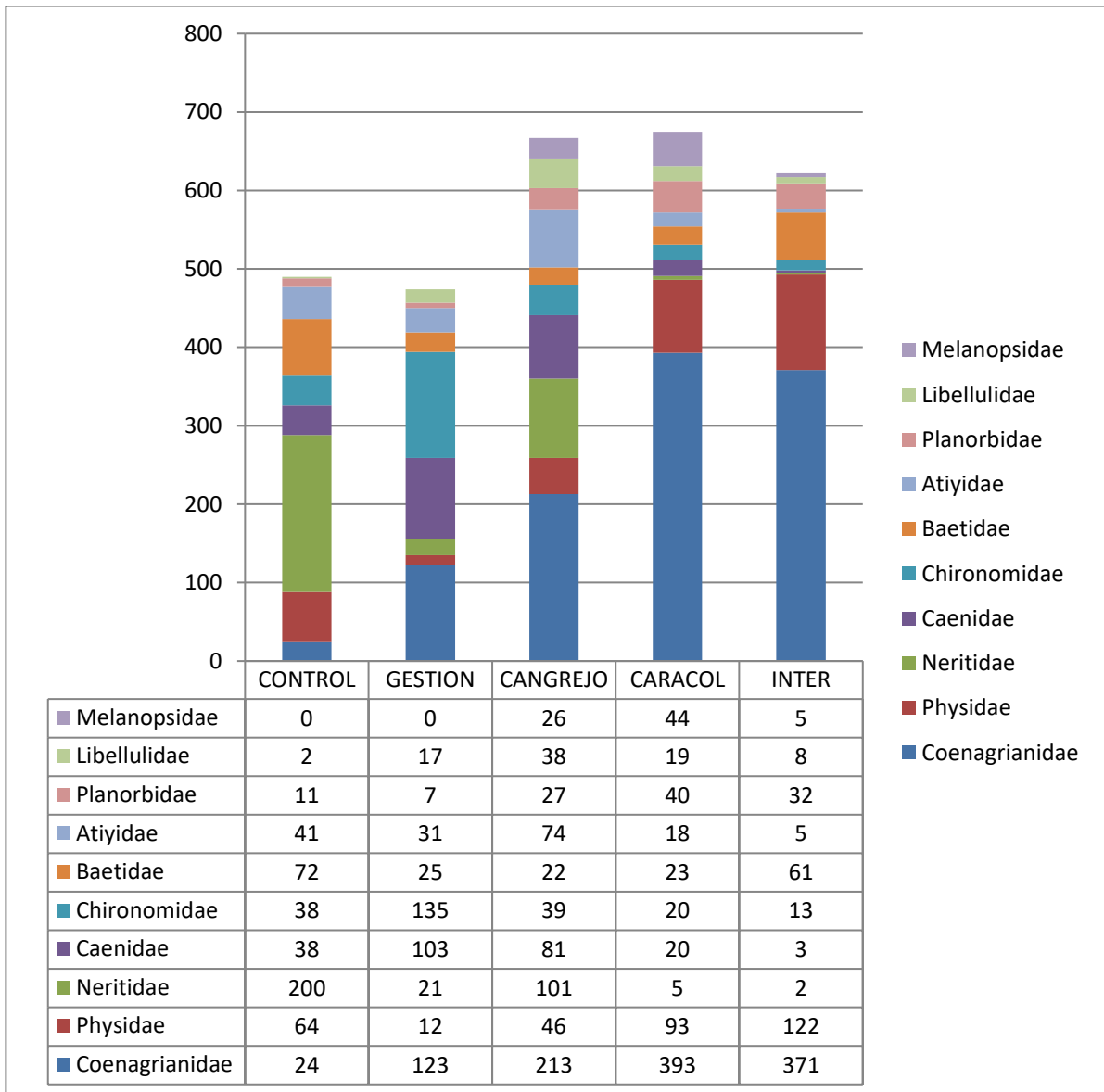


Figura 25: Grafica número de individuos en cada familia por tratamiento.

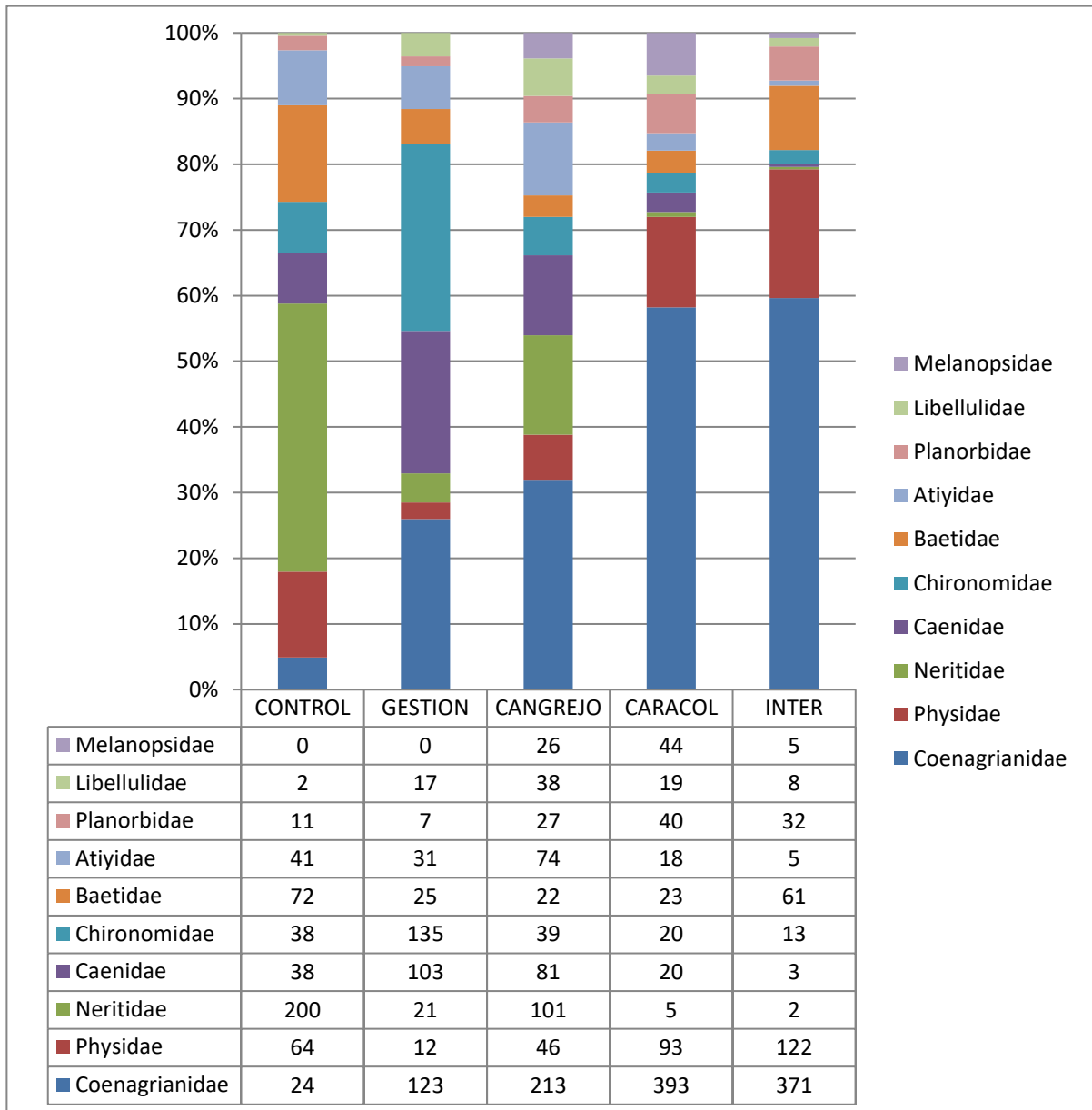


Figura 26: Grafica porcentaje de individuos en cada familia y tabla de individuos en cada familia por tratamiento.

## Apéndice III. Parámetros Fisicoquímicos

*Tabla 46. Parámetros fisicoquímicos más relevantes por punto de muestreo.*

Puntos	PlantCover	Cond	SST	OrgMatter	SDT	Carbonates	M.O%	CO <sub>T</sub>	NT	Cl	N <sub>O<sub>2</sub></sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	Chl <sub>a</sub>	Chl <sub>b</sub>	Chl <sub>c</sub>
1	1.00	1395	202.72	23.44	983.6	1.5	3.23	4.29	3.96	194.03	0.02	13.92	0	25.96	14.36	1444.42
2	0.00	1347	14.96	3.76	980.8	0	4.19	5.02	4.16	189.38	0.07	14.14	0.037	1.41	2.83	189.19
3	0.50	1370	17.96	4.52	998.8	0	5.13	3.26	3.93	188.64	0.06	13.18	0	2.44	-0.73	-2654.33
4	0.10	1322	11.42	2.36	991.6	0	1.23	3.44	4.11	190.59	0.06	13.86	0	1.46	0.56	386.82
5	0.50	1358	36.82	4.78	972	0	5.51	3.29	4.10	184.29	0.04	14.72	0.105	3.73	1.45	440.64
6	0.00	1361	11.34	2.66	958	0	3.14	3.12	4.04	182.96	0.05	14.11	0.021	2.14	0.53	579.20
7	0.70	1378	17.44	3.34	966.8	0	1.23	3.10	4.04	188.90	0.04	13.96	0.055	1.98	0.68	429.87
8	0.60	1363	16.84	3.12	974	2.6	1.78	3.37	4.02	186.70	0.04	14.54	0.142	1.93	0.47	521.28
9	0.40	1362	21.74	3.24	981.2	2.2	2.22	3.44	4.10	184.96	0.04	14.43	0.086	1.62	0.72	341.14
10	0.50	1400	19.96	3.18	1010.8	0	5.65	290.85	3.94	196.16	0.04	13.95	0.077	1.27	0.58	331.69
11	0.00	1411	17.88	2.94	979.6	5	8.43	3.19	3.93	197.31	0.03	13.97	0.146	1.62	0.72	341.14
12	0.50	1412	17.26	3.28	969.2	3	4.54	3.62	4.04	194.10	0.03	14.06	0.082	1.76	0.50	473.88
13	0.50	1392	16.44	3.04	972	5.2	2.33	3.08	4.07	193.23	0.04	14.39	0.161	1.84	0.94	339.61
14	0.20	1386	17.4	3.16	975.2	4	1.32	2.91	3.96	194.21	0.02	14.28	0.119	1.84	0.72	394.85
15	0.20	1391	21.76	3.18	970	2.8	2.72	3.14	3.98	192.05	0.03	14.27	0.142	1.93	0.66	416.98
16	0.80	1414	242.84	25.44	979.6	6.1	3.04	3.47	403.7	196.28	0.04	13.93	0	25.3	12.036	645.21
17	0.50	1388	17	2.96	963.2	2.4	5.63	3.21	4.04	193.34	0.04	14.49	0.162	2.94	1.16	398.92
18	0.40	1398	23.26	3.72	974	3.4	4.66	3.18	3.94	196.46	0.03	14.09	0.114	2.30	0.80	410.63
19	0.10	1578	42.62	5.86	1108.4	4.1	5.53	2.76	3.24	240.61	0	12.19	0.212	5.78	2.61	336.58
20	0.10	1584	46.38	5.3	1110	6.5	5.16	2.72	3.26	241.26	0	11.73	0.091	4.03	1.55	382.72
21	0.00	1593	12.4	2.14	1101.2	7.2	4.44	2.85	3.29	240.74	0	11.70	0.05	1.99	0.76	416.55
22	0.00	1606	9.74	2.28	1113.2	6.4	3.63	2.86	3.33	245.82	0.02	11.72	0.056	1.98	0.86	347.43
23	0.50	1594	8.68	2.1	1088.8	7	4.44	2.63	3.23	240.39	0.03	11.75	0.039	25.97	14.36	1444.42

**Tabla 47. Parámetros fisicoquímicos más relevantes por punto de muestreo.**

Puntos	PlantCover	Cond	SST	OrgMatter	SDT	Carbonates	M.O%	COT	NT	Cl	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	Chl <sub>a_a</sub>	Chl <sub>a_b</sub>	Chl <sub>a_c</sub>
24	0.20	1596	7.94	1.94	1096	7.5	4.21	2.88	3.32	239.01	0	11.45	0.1	2.54	0.60	541.57
25	1.00	1531	45.16	6.18	1113.6	8.4	5.08	3.26	3.19	244.92	0.04	11.16	0.056	2.21	0.86	390.75
26	0.50	1540	9.76	2.52	1112	11.6	4.13	3.53	3.35	242.26	0	11.67	0.104	6.87	3.21	326.90
27	0.70	1546	83.96	12.36	1124	8.5	3.35	3.28	3.29	242.7	0	11.62	0.048	1.64	0.53	430.79
28	0.60	1455	34.58	5.46	1048	7.3	6.05	2.73	3.39	222.13	0	11.85	0.211	13.75	4.92	799.54
29	0.80	1439	39.26	4.86	1038.8	9.8	6.09	2.95	3.61	219.11	0.01	12.75	0.137	7.55	3.32	376.39
30	0.80	1504	3.516.66 6.667	3.558.33 3.333	1058.8	15.3	4.92	3.12	3.49	221.48	0	12.33	0.098	6.46	3.07	324.46
31	0.50	1474	19.86	4.08	1054.4	10.4	1.17	2.68	3.49	225.56	0.01	12.26	0.157	54.06	19.01	2027.59
32	0.10	1491	40.28	6.54	1061.2	8.4	2.16	2.89	3.41	227.19	0.03	11.52	0.068	2.83	0.87	491.37
33	0.70	1537	196.68	25.36	1064.4	13.5	2.64	2.69	3.40	224.79	0	11.86	0.12	3.02	1.36	350.85
34	0.10	1524	40.14	6.22	1061.6	7.7	1.69	3.05	3.49	225.42	0	12.41	0.15	54.44	20.92	1891.92
35	1.00	1544	16.32	3.34	1072.8	5.7	1.67	2.83	3.42	229.18	0.02	12.10	0.085	9.26	4.07	426.67
36	0.90	1498	25.4	5.72	1073.6	9.4	4.55	3.23	3.43	224.14	0	12.28	0.158	2.14	0.26	1131.85
37	0.10	1527	113.96	15.92	1074	7	11.51	2.76	3.50	233.27	0	12.44	0.09	6.42	2.77	977.56
38	0.10	1530	44	7.92	1085.2	7.5	7.30	2.92	3.49	232.95	0.02	12.27	0.209	11.89	4.41	781.22
39	0.80	1551	30.6	5.36	1110.4	10.6	2.43	2.51	3.42	234.03	0	11.82	0.101	7.05	2.92	370.82
40	0.30	1521	15.96	3.12	1087.6	7.6	1.44	3.22	3.39	234.55	0.01	11.87	0.137	4.32	1.57	412.64
41	1.00	1534	41.8	6.76	1099.2	6.4	2.46	3.43	3.33	238.64	0	11.54	0.17	2.41	0.92	421.15
42	0.80	1533	90.2	12.56	1092	9.5	1.12	2.60	3.39	234.00	0	11.79	0.126	7.49	3.11	723.33
43	0.30	1528	18.96	3.58	1092.4	8.6	1.22	2.89	3.40	234.63	0.07	11.57	0.114	23.24	9.68	711.94
44	0.00	1525	67.84	8.68	1086.8	8.1	1.27	3.46	3.64	230.74	0.02	12.44	0.065	3.44	1.04	450.07
45	0.30	1538	53.96	8.28	1073.6	7.7	1.31	3.27	3.61	228.45	0.01	12.19	0.06	7.60	3.87	611.85

## Apéndice IV. Cartografía













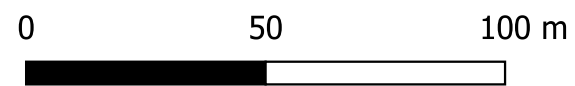


 Tramo Gestionado  
 Municipios

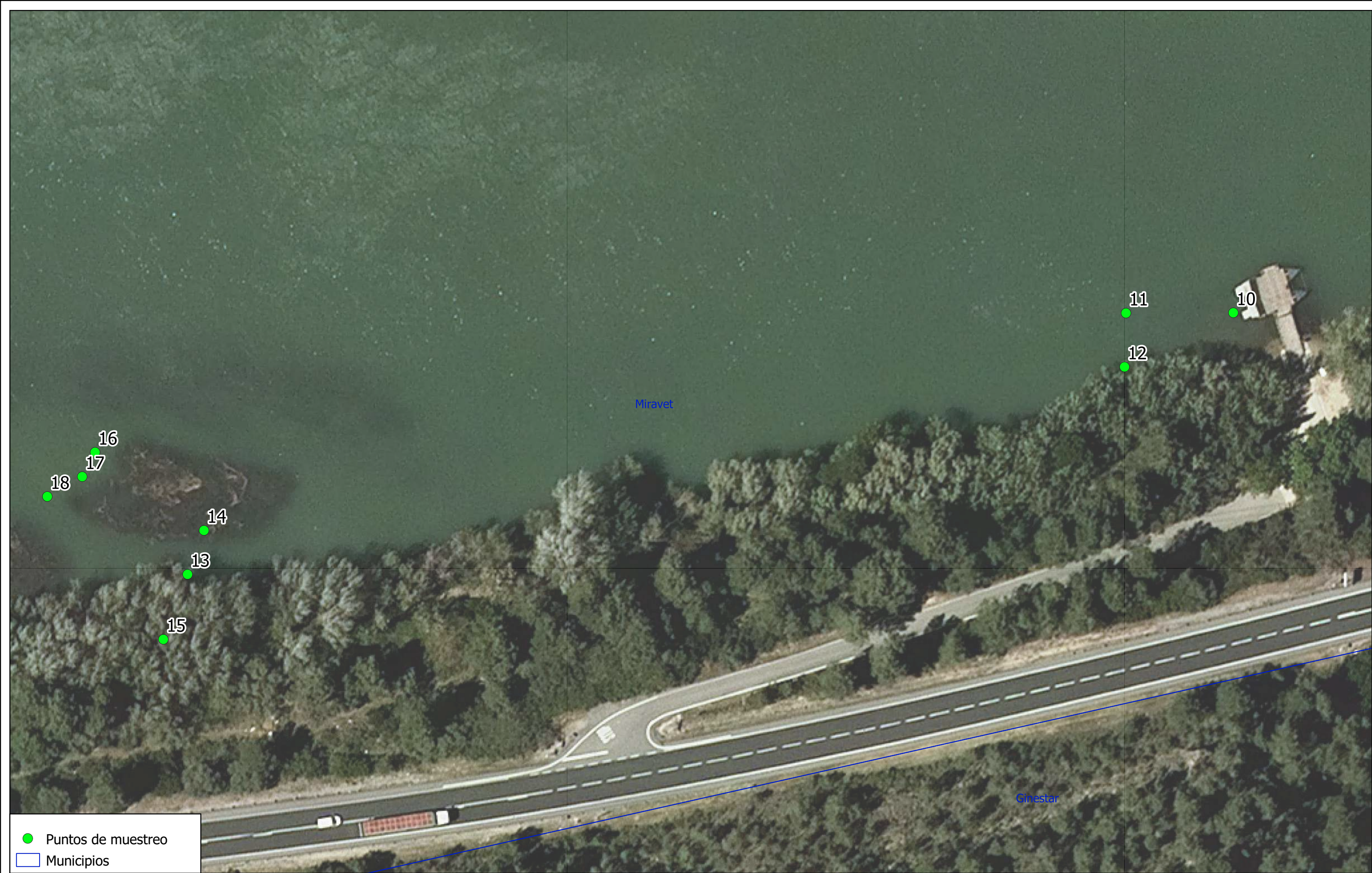


Impactos de las especies exóticas invasoras en los servicios ecosistémicos del Bajo Ebro.

Ubicación del tramo gestionado, sobre ortofoto PNOA.











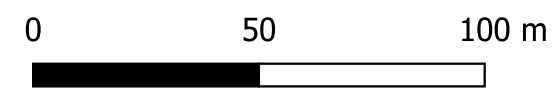
Tortosa

- Tramo Cangrejo
- Municipios

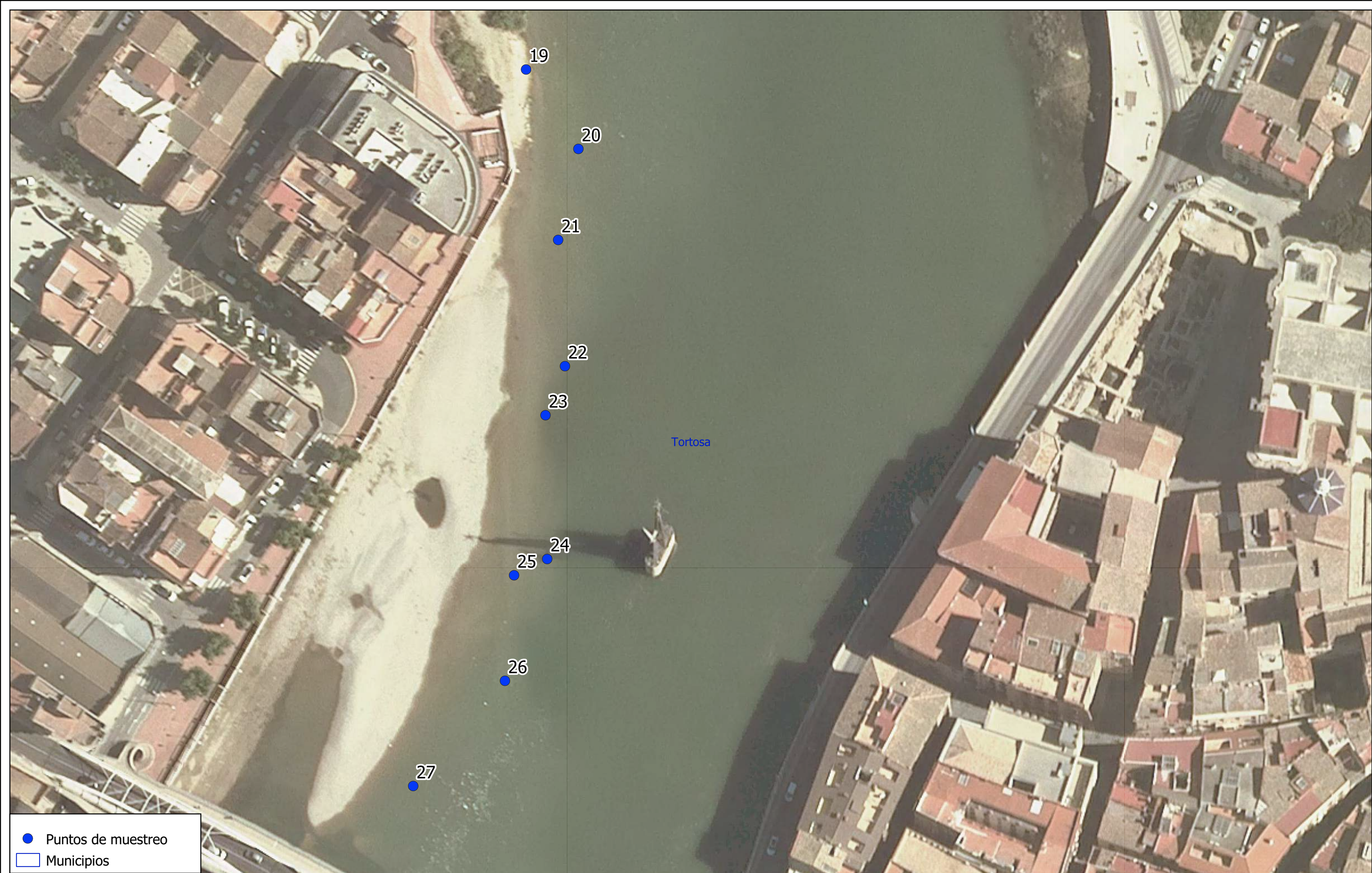


Impactos de las especies exóticas invasoras en los servicios ecosistémicos del Bajo Ebro.

Ubicación del tramo cangrejo, sobre ortofoto PNOA.







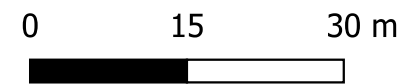
Tortosa

● Puntos de muestreo  
□ Municipios

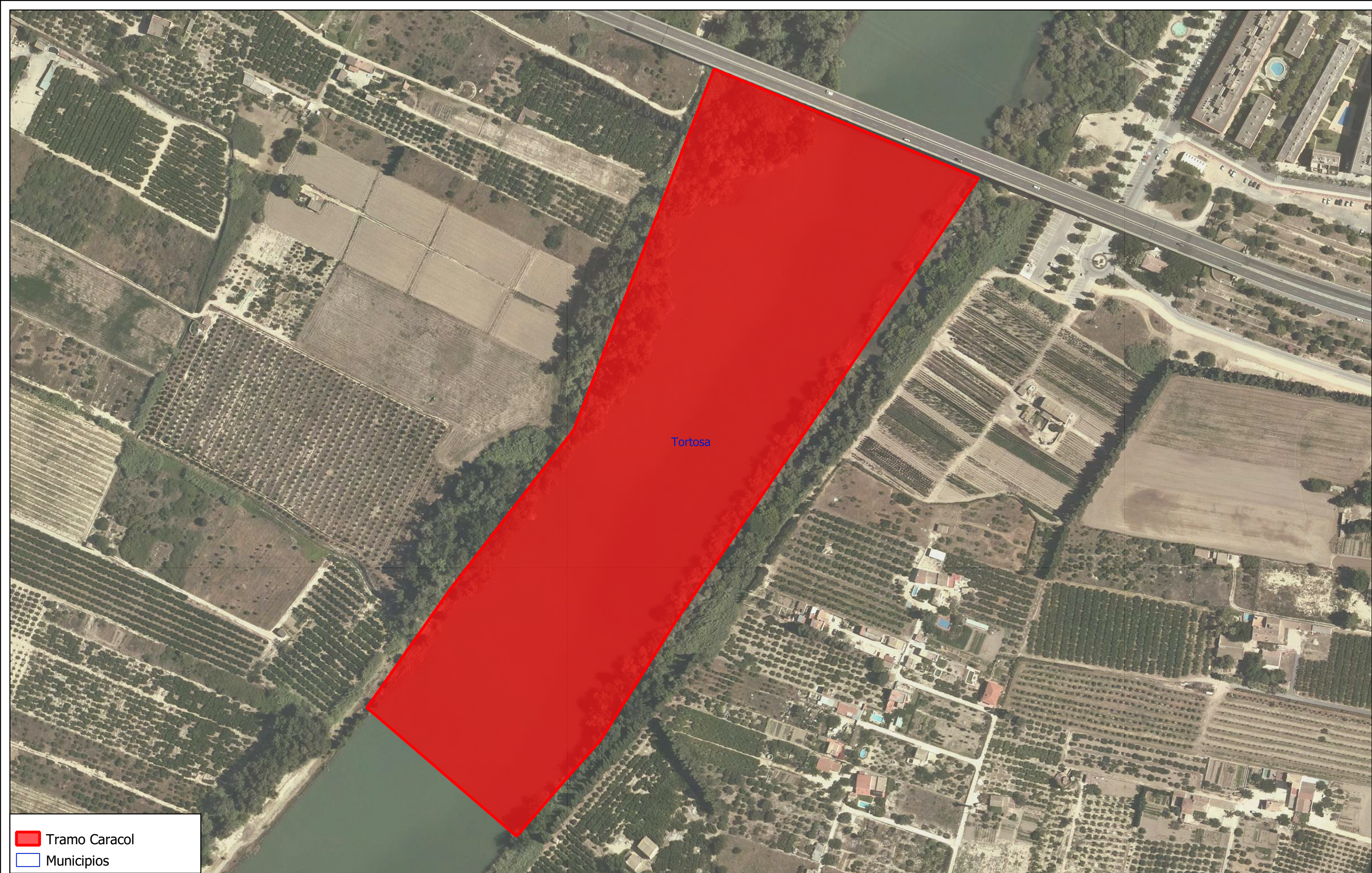


Impactos de las especies exóticas invasoras en los servicios ecosistémicos del Bajo Ebro.


Ubicación de los puntos de muestreo del tramo de muestreo del tramo cangrejo, sobre ortofoto PNOA.







Tortosa

 Tramo Caracol

 Municipios



Impactos de las especies exóticas invasoras en los servicios ecosistémicos del Bajo Ebro.

Ubicación del tramo caracol, sobre ortofoto PNOA.

0 50 100 m













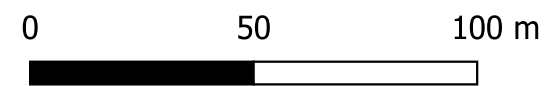
Tortosa

-  Tramo Interacción
-  Municipios



Impactos de las especies exóticas invasoras en los servicios ecosistémicos del Bajo Ebro.

Ubicación del tramo interacción entre ambas especiesl, sobre ortofoto PNOA.







Tortosa

- Puntos de muestreo
- Municipios



Impactos de las especies exóticas invasoras en los servicios ecosistémicos del Bajo Ebro.

Ubicación de los puntos de muestreo del tramointeracción entre ambas especies, sobre ortofoto PNOA.

