



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Asentamiento de megalopas y juveniles de *Callinectes  
sapidus* en colectores artificiales en las golas de la Albufera  
de Valencia

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Evaluación y Seguimiento Ambiental de  
Ecosistemas Marinos y Costeros

AUTOR/A: Navarro García, Paula

Tutor/a: Falco Giaccaglia, Silvia Laura

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

## **AGRADECIMIENTOS**

A Silvia por haberme enseñado muchas cosas acerca de cómo redactar y organizar los datos de un documento científico en mi TFG y en mi actual TFM. Además de ayudarme mucho a buscar información.

A Alberto y Silvia por llevarme con ellos a realizar los muestreos.

Al club náutico del Perelló por permitirnos realizar los muestreos en el club náutico.

## RESUMEN

El cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) es una especie invasora nativa de la costa occidental del Atlántico. Fue registrado por primera vez en la Albufera de Valencia en octubre del 2014. Esta especie habita en estuarios, lagunas y otros hábitats costeros, y en los últimos años su población ha aumentado, suponiendo un riesgo para las especies autóctonas. El cangrejo azul atlántico pasa por 5 estadios en su ciclo vital: huevo, larva zoea, megalopa, juvenil y adulto.

El objetivo de este trabajo es analizar la abundancia y la variación temporal de megalopas y juveniles del cangrejo azul en las zonas de conexión entre la Albufera de Valencia y el mar Mediterráneo. Además también se ha comprobado si juveniles y megalopas de *C. sapidus* coinciden con la especie autóctona *Pachygrapsus marmoratus*.

Se han analizado dos series de datos. Una de ellas de mayor distribución espacial desde agosto del 2020 hasta diciembre de 2021, sin réplicas y otra de menor distribución espacial con réplicas desde septiembre del 2021 hasta agosto del 2022.

Se observó que el periodo donde se registraron la mayoría de megalopas de *C. sapidus* fue durante los meses de septiembre y octubre en 2020, y de septiembre a noviembre en 2021. Los juveniles se encuentran más distribuidos durante el año que las megalopas, aunque sus grandes picos coinciden con la época de asentamiento de megalopas. Además los juveniles y megalopas de *C. sapidus* y *P. marmoratus* han coexistido en el mismo hábitat y época del año en varias ocasiones.

**Palabras clave:** *Callinectes sapidus*, juveniles, megalopas, periodo de asentamiento, Albufera.

## ABSTRACT

The blue crab (*Callinectes sapidus*) is an invasive species native to the western Atlantic coast. It was recorded for the first time in the Albufera de Valencia in October 2014. This species inhabits estuaries, lagoons and other coastal habitats, and in recent years its population has increased, posing a risk to native species. The Atlantic blue crab goes through 5 stages in its life cycle: egg, larva zoea, megalopae, juvenile and adult.

The objective of this work is to analyze the abundance and temporal variation of megalopae and juveniles of the blue crab in the connection areas between the Albufera de Valencia and the Mediterranean Sea. In addition, it has also been verified if juveniles and megalopae of *C. sapidus* coincide with the native species *Pachygrapsus marmoratus*.

Two series of data have been analyzed. One of them with a greater spatial distribution from August 2020 to December 2021, without replicas and another with a smaller spatial distribution with replicas from September 2021 to August 2022

It was observed that the period where the majority of *C. sapidus* megalopae were recorded was during the months of September and October in 2020, and from September to November in 2021. The juveniles are more distributed during the year than the megalopae, although their large peaks coincide with the settlement time of megalopas. In addition, juveniles and megalopae of *C. sapidus* and *P. marmoratus* have coexisted in the same habitat and time of year on several occasions.

**Key words:** *Callinectes sapidus*, megalopae, juveniles, settlement period and Albufera.

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1-	El cangrejo atlántico azul especie invasora en el Mediterráneo.....	1
1.2 –	Ciclo de vida.....	2
1.3-	Megalopas y juveniles.....	3
1.4-	Uso de colectores pasivos para el estudio de megalopas y juveniles.....	6
2.	OBJETIVOS .....	8
3.	MATERIAL Y MÉTODOS. ....	9
3.1-	Zona de estudio.....	9
3.2-	Muestreo.....	9
3.2.1-	Tipos de muestreo y localización de puntos.....	9
3.2.2-	Periodo y frecuencia .....	13
3.2.2-	Tipo de colector. ....	14
3.2.3 –	Colocación de los colectores. ....	14
3.4-	Procedimiento de campo.....	15
3.3-	Procedimiento de laboratorio.....	16
3.3.1-	Lavado de los colectores .....	16
3.3.3-	Procesamiento de muestras. ....	16
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1-	Muestreo de mayor distribución espacial sin réplicas.....	18
4.1.1-	Propiedades físico-químicas. ....	19
4.1.2-	Megalopas.....	22
4.1.3-	Juveniles.....	28
4.1.4-	Organismos recolectados en cada colector por día de muestreo. ....	29
4.2-	Muestreo de menor distribución espacial con réplicas. ....	33
4.2.1-	Propiedades físico-químicas. ....	34
4.2.2-	Megalopas de <i>C. sapidus</i> .....	36
4.2.3-	Megalopas de <i>P. marmoratus</i> .....	38
4.2.4-	Juveniles de <i>C. sapidus</i> .....	40
4.2.5-	Juveniles de <i>P. marmoratus</i> .....	43
4.2.6-	Fauna acompañante.....	45
4.3-	Resumen de los datos de megalopas y juveniles.....	45
5-	CONCLUSIONES .....	47
5.	BIBLIOGRAFÍA .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Distribución de <i>C. sapidus</i> en el Mediterráneo. Fuente: Mancinelli et al. (2017).....	1
Figura 1.2: Ciclo de vida del cangrejo azul. Fuente: Behance .....	2
Figura 1.3: Fotografías utilizando iluminación superior (a) e inferior (b). Fuente: Stuck et al. (2009). .....	3
Figura 1.4: Fases del asentamiento de megalopas. Fuente: Tankersley et al. (2002). .....	4
Figura 1.5: Fotografía de ejemplar juvenil de <i>C. sapidus</i> . Fuente: Elaboración propia. ....	5
Figura 1.6 Ilustración del primer y segundo cangrejo de <i>C. sapidus</i> . Fuente: Stuck et al. (2009)	5
Figura 1.7: Materiales de los que están fabricados los colectores mayormente utilizados. ....	6
Figura 3.1: Localización de las tres zonas de muestreo. Fuente: Elaboración propia.....	10
Figura 3.2: Ubicación de los colectores en la gola de Pujol. Fuente: Elaboración propia.....	11
Figura 3.3: Ubicación de los colectores de la gola del Perellonet. Fuente: Elaboración propia. ....	12
Figura 3.4: Ubicación de los colectores de la gola del Perelló. Fuente: Elaboración propia. ....	12
Figura 3.5: Imagen de los colectores utilizados. Fuente Elaboración propia.:.....	14
Figura 3.6: Ubicación del colector debajo del agua. Fuente: Elaboración propia.....	14
Figura 3.7: Materiales utilizados en el muestreo de menor distribución espacial. Fuente: Elaboración propia. ....	15
Figura 3.8: Claves de identificación de megalopas de <i>C. sapidus</i> . Fuente: Stuck et al. (2009)...	17
Figura 3.9: Claves de la identificación de ejemplares juveniles de <i>C. sapidus</i> . Fuente: Stuck et al. (2009). .....	17
Figura 4.1: Comparación de una megalopa y un juvenil de <i>P. marmoratus</i> y <i>C. sapidus</i> . En ambas imágenes <i>P. marmoratus</i> : Izquierda y <i>C. sapidus</i> derecha. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 4.2: Salinidad y Temperatura de los puntos de muestreo situados al exterior de la gola del Perelló. Fuente: Elaboración propia.....	20
Figura 4.3: Salinidad y Temperatura de los puntos de muestreo situados al exterior de las golas del Perellonet y Pujol. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 4.4: : Megalopas de <i>C. sapidus</i> y <i>P. marmoratus</i> en los puntos situados en el exterior de la gola del Perelló. Fuente: Elaboración propia .....	24
Figura 4.5: Zoom del pico de megalopas registrado en el punto P1-B durante el 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	25
Figura 4.6: Zoom del pico de megalopas registrado en el punto P1-B durante el 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	26
Figura 4.7: Zoom del pico de megalopas registrado en el punto P7-B durante el 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	26
Figura 4.8: Zoom del pico de megalopas registrado en el punto P7-C durante el 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	27
Figura 4.9: : Juveniles de <i>C. sapidus</i> y <i>P. marmoratus</i> en los puntos situados en el exterior de la gola del Perelló. Fuente: Elaboración propia: .....	30
Figura 4.10 Juveniles de <i>C. sapidus</i> y <i>P. marmoratus</i> en los puntos situados en el exterior de las golas del Perellonet y Pujol. Fuente: Elaboración propia: .....	31
Figura 4.11: : Megalopas y juveniles de <i>C. sapidus</i> y <i>P. marmoratus</i> recolectados por día de muestreo en los puntos del exterior del muestreo 1. Fuente: Elaboración propia.....	32
Figura 4.12: Salinidad y temperatura de las tres zonas de muestreo. Fuente Elaboración propia. ....	35
Figura 4.13: Promedio estandarizado y desviación estándar de megalopas de <i>C. sapidus</i> en el muestreo 2). Fuente: Elaboración propia.....	36

Figura 4.14: Promedio de megalopas por día de muestreo de las 5 réplicas de la zona del Perelló. Fuente: Elaboración propia.....	37
Figura 4.15: Zoom del pico de megalopas de <i>C. sapidus</i> en el Perelló con la salinidad.....	37
Figura 4.16: Promedio estandarizado y desviación estandarizado de megalopas de <i>P. marmoratus</i> . Fuente: Elaboración propia.....	39
Figura 4.17: Promedio de megalopas por día de muestreo de las réplicas de la zona del Perelló. Fuente: Elaboración propia.....	39
4.18: Promedio estandarizado de juveniles colectados en las réplicas en las zonas del Perelló, Perellonet y Pujol. Fuente: Elaboración propia.....	41
Figura 4.19: Promedio de juveniles recolectados por día de muestreo en las 5 réplicas de la zona del Perelló, Perellonet y Pujol. Fuente: Elaboración propia .....	42
Figura 4.20: Promedio estandarizado de las 5 réplicas del Perelló y Perellonet con su desviación estándar y promedio de juveniles por día de muestreo de cada réplica.....	44
Figura 4.21: Imágenes de la fauna acompañante. De arriba abajo y de izquierda a derecha: Perteneciente a la familia <i>Portunidae</i> , <i>Brachynotus sexdentatus</i> , <i>Xantho poressa</i> , <i>Pisidia longimana</i> . Fuente: Elaboración propia.....	45

#### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Nombre de los puntos del muestreo 1) de cada zona de muestreo. Fuente: Elaboración propia. ....	10
Tabla 3.2: Nombres de los puntos del muestreo 2) en cada zona de muestreo. Fuente: Elaboración propia. ....	11
Tabla 3.3: Fecha de inicio y fin de los muestreos de cada uno de los puntos del muestreo 1). Fuente: Elaboración propia.....	13
Tabla 3.4: Fecha de inicio y fin de los muestreos de cada uno de los puntos de muestreo del muestreo 2). Fuente Elaboración propia.....	13
Tabla 4.1 Resumen de los datos de megalopas del muestreo de menor y mayor distribución espacial. Fuente: Elaboración propia: .....	46
Tabla 4.2 Porcentaje de juveniles encontrados en el pico de megalopas de los puntos del muestreo de mayor y menor distribución espacial. Fuente: Elaboración propia:.....	46

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1- El cangrejo atlántico azul especie invasora en el Mediterráneo.

El cangrejo atlántico azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) es una especie nativa del Océano Atlántico occidental, que desempeña un papel clave en la estructura y función de las redes alimentarias bentónicas costeras (Mancinelli *et al.*, 2017).

Sin embargo, esta especie fue introducida en el Mediterráneo debido a las aguas de lastre de grandes embarcaciones (Nehring, 2011). El cangrejo azul fue registrado por primera vez en Europa en el 1901 en la costa Atlántica francesa, años más tarde, en el 1949 fue registrado por primera vez en el mediterráneo (Enzenrob *et al.*, 1997).

Como se puede observar en la figura 1.1, la especie se encuentra distribuida en gran parte de la costa del mar Mediterráneo, yendo desde la costa este de España, hasta el este del Mediterráneo, pasando por el sur-este de Francia, golfo de Génova, norte del mar Mediterráneo y el mar Negro.

A diferencia de Estados Unidos, en el Mediterráneo el cangrejo azul se considera actualmente una especie exótica invasora. Se trata de una especie que tiene una fácil adaptabilidad a diversos ecosistemas, ya que puede sobrevivir en condiciones variadas de salinidad, temperatura y profundidad. Si a esto le añadimos su rápido crecimiento y su gran potencial reproductor, se confirma que es una especie con un gran potencial invasor, incluyéndose dentro de las especies invasoras de la Comunidad Valenciana (Olivert, 2018).

A pesar de ser una especie invasora que se encuentra en el Mediterráneo décadas hay una falta de información ecológica sobre los efectos que produce en los ecosistemas autóctonos, y esto supone un problema, ya que el cangrejo azul se encuentra en siete de las nueve ecorregiones marinas del sur de Europa (plataforma atlántica del sur de Europa, mar de Alborán, Mediterráneo occidental, mar Adriático, mar Jónico, meseta tunecina/golfo de Sidra, mar Egeo, mar de Levante y mar Negro) (Mancinelli *et al.*, 2017).

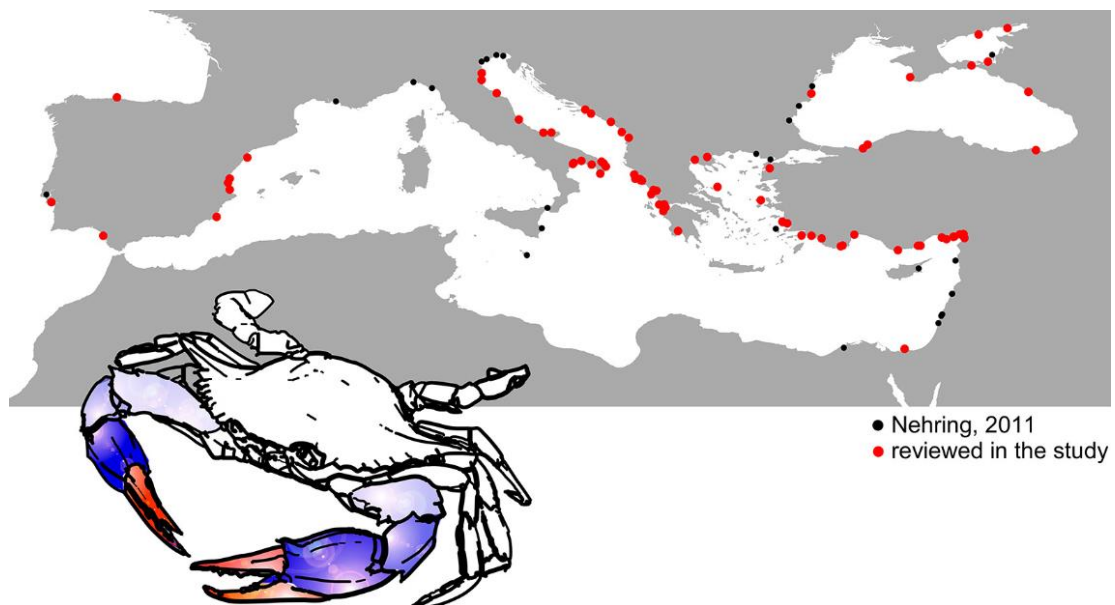


Figura 1.1: Distribución de *C. sapidus* en el Mediterráneo. Fuente: Mancinelli *et al.* (2017)



## 1.2 – Ciclo de vida.

El ciclo de vida de *C. sapidus* se divide en 5 estadios diferentes: huevo, larva zoea, megalopa, juvenil y adulto (Figura 1.2). Durante su desarrollo se desplazan a zonas estuarinas, costeras, marinas y zonas de agua dulce, en busca de las condiciones adecuadas de salinidad y temperatura.

Los estadios larvales se encuentran en zonas de elevada salinidad suspendidos en el agua formando parte del plancton. El primer estadio larval son las larvas zoea y estas se encuentran flotando en la superficie durante unos treinta días aproximadamente. Estas larvas tienen un milímetro de largo aproximadamente y consumen protistas y plancton que se encuentran en la corriente. Durante este estadio larvario tienen 7 mudas aproximadamente y esto les permite aumentar su tamaño en un 50% (Campos y Fagoth, 2018).

Seguidamente las larvas se desarrollan y dan lugar a las megalopas. Esta transformación puede ir desde los siete a los veinte días. Estas se encuentran suspendidas en la superficie del agua formando parte del zooplancton hasta llegar a aguas protegidas o costeras donde se asentarán y desarrollarán los ejemplares juveniles. Estos se encontrarán en zona costera donde mudarán veintitrés veces en el caso de las hembras y veinticinco si es macho (Campos y Fagoth, 2018).

Cuando los ejemplares juveniles se vuelven adultos se dirigen a zonas de agua salobre. Cuando se aproxima la etapa de apareamiento estos se desplazan a zonas de menor salinidad, y cuando las hembras han sido fecundadas se dirigen a zonas con una salinidad más elevada, ya que son las condiciones necesarias para la eclosión de los huevos y el desarrollo de las larvas (Campos y Fagoth, 2018).

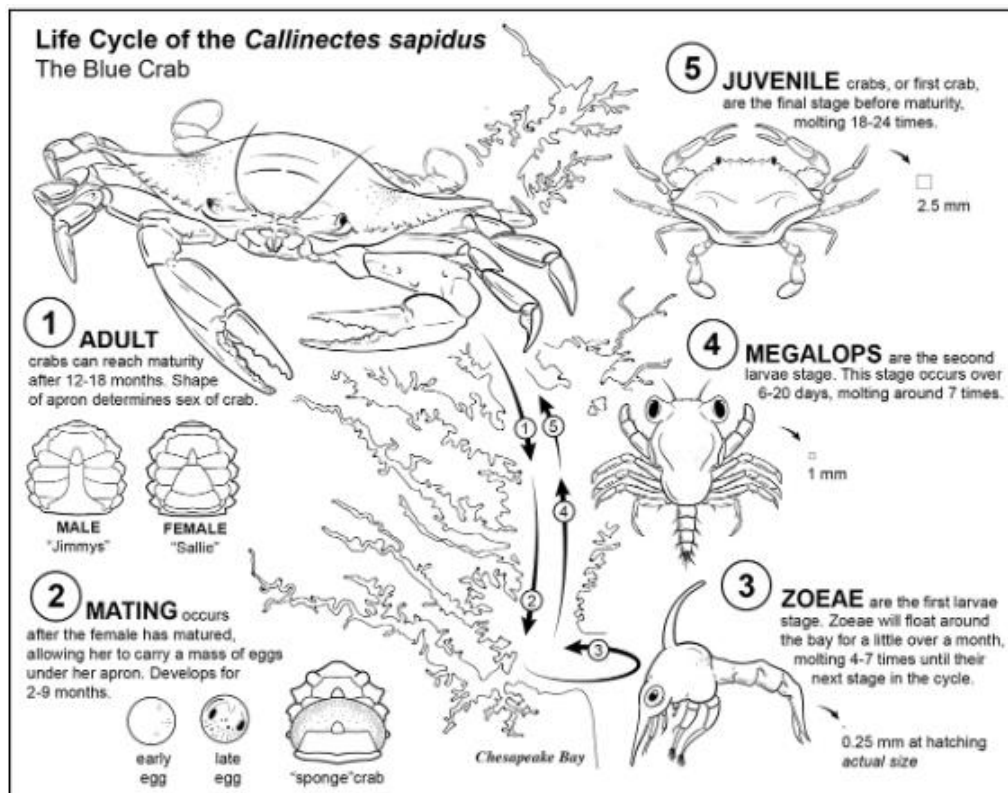


Figura 1.2: Ciclo de vida del cangrejo azul. Fuente: Behance

### 1.3-Megalopas y juveniles

El asentamiento postlarval se define como el período de transición de una existencia principalmente pelágica a un estilo de vida predominantemente bentónico vágil, preparatorio para los cambios fisiológicos y morfológicos asociados a la metamorfosis (van Montfrans *et al.*, 1990).

Las megalopas (Figura 1.3) se tratan del paso intermedio entre las larvas zoea y los ejemplares juveniles. Las larvas zoea se encuentran flotando treinta días aproximadamente hasta llegar a ser megalopas, y las megalopas tardan de seis a veinte días en convertirse en juveniles (Campos y Fagoth, 2018).

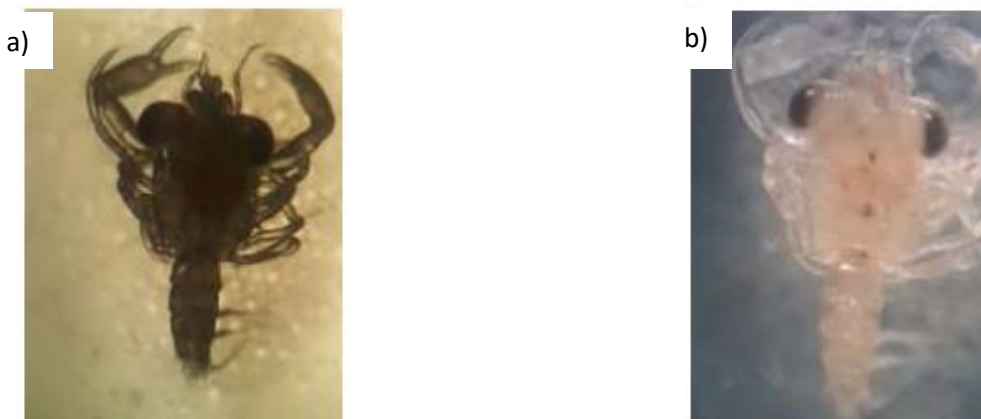


Figura 1.3: Fotografías utilizando iluminación superior (a) e inferior (b). Fuente: Stuck *et al.* (2009).

Las larvas zoea se encuentran flotando en alta mar y las megalopas dependen de eventos físicos y señales ambientales para regresar al estuario (Bishop, 2010). Según van Montfrans *et al.*, (1990) los factores que determinan el asentamiento son los siguientes: corrientes, temperatura, salinidad y fase lunar.

Según Epifanio (2019), las megalopas necesitan de una salinidad elevada para un crecimiento y supervivencia máximos, así que en los años donde se producen menos precipitaciones la capacidad de los estuarios es mayor y la salinidad también aumenta, por lo tanto, incrementa la supervivencia de megalopas.

Las megalopas poseen pleópodos abdominales bien desarrollados que les permiten moverse a una velocidad de 5 cm por segundo, una tasa de velocidad similar a las corrientes ambientales. Ese transporte que realizan por ellas mismas controla el desplazamiento horizontal a pequeña escala durante el proceso de asentamiento. Su movimiento vertical en la columna de agua se hace como respuesta a las señales del medio ambiente: salinidad, temperatura, presión hidrostática, la luz... (Epifanio, 2019).

Epifanio (2019) también menciona que durante las horas diurnas las megalopas realizan un nado endógeno que hace que se posicionen en zonas superficiales en las horas diurnas del día, en cambio durante la noche estas tienen una distribución más profunda, a esto se le llama migración diaria inversa.

Biermann *et al.* (2016), encontró evidencia de una débil migración vertical en la columna de agua, concluyendo en que el transporte vertical no era el principal factor en el transporte de megalopas y que en cambio el factor más importante son los vientos y la flotabilidad, es decir, la circulación de agua superficial.

Epifanio (2019) dice en su estudio que el movimiento hacia la costa de las aguas superficiales (que son las que contienen la mayor parte de ejemplares megalopas), en el Atlántico Occidental, se produce cuando los vientos soplan de noreste a sureste a lo largo de la costa, esto provoca un aumento del nivel submareal en la costa y este desnivel entre el estuario y la costa hace que se produzca un flujo de la costa a los estuarios.

Uno de los mecanismos de transporte que menciona Bishop (2010), para la costa este de los EEUU, es el transporte de megalopas desde la plataforma hasta las zonas de cría de juveniles en el estuario, que incluye el transporte a través de la plataforma mediante la circulación de Ekman impulsada por el viento y los vientos directos a través de la plataforma. Se sabe que los vientos paralelos a la costa, debido a este fenómeno, generan un aumento del nivel del mar en la costa, facilitando el flujo de megalopas en los estuarios.

En cuanto a la influencia de la fase lunar Metcalf et al., (1995) observó que había una influencia entre la fase lunar y el asentamiento de megalopas, ya que la fase lunar influye en las mareas. Se vio que cuatro días después de la luna llena o luna nueva había picos significativos en el asentamiento de megalopas.

El asentamiento de megalopas es un proceso que consta de 4 fases (Figura 1.4), en las que los aspectos físicos anteriormente mencionados son los que hacen posible que sucedan (Tankersley et al., 2002).

**Fase 1:** En la primera fase las megalopas permanecen en el fondo o cerca del mismo durante la marea baja.

**Fase 2:** En la siguiente fase ascienden en la columna de agua durante una marea alta en respuesta a un aumento de la salinidad.

**Fase 3:** Durante la tercera fase las megalopas mantienen su posición vertical en la columna de agua a través de una natación sostenida impulsada por la turbulencia del agua y son transportadas pasivamente por fuertes corrientes de marea.

**Fase 4:** Finalmente, hay una disminución de la turbulencia. Lo que produce el asentamiento y la unión con el sustrato.

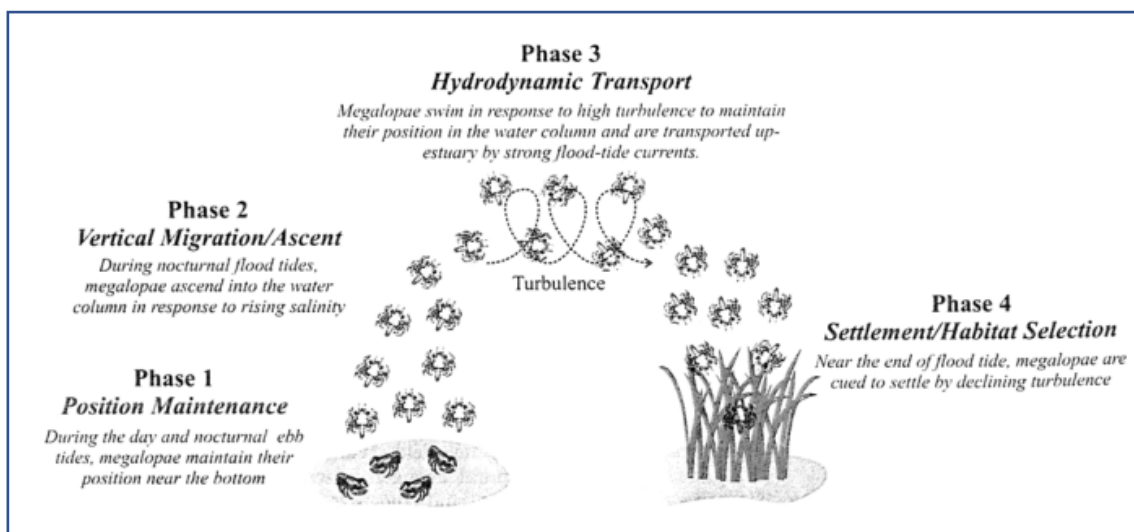


Figura 1.4: Fases del asentamiento de megalopas. Fuente: Tankersley et al. (2002).

En cuanto a los ejemplares juveniles (Figura 1.5), después de unas 18 a 24 mudas se convierten en ejemplares adultos. Se encuentran en zonas costeras y estuarinas alimentándose hasta que llegan a su etapa de madurez, cuando estos son adultos se desplazan a zonas de menor salinidad para poder aparearse.



Figura 1.5: Fotografía de ejemplar juvenil de *C. sapidus*. Fuente: Elaboración propia.

A medida que van realizando las mudas aumenta progresivamente su tamaño. Yendo del primer y segundo cangrejo, que miden aproximadamente tres y cuatro centímetros respectivamente (Figura 1.6), hasta los 10 cm, donde alcanzan su madurez sexual.

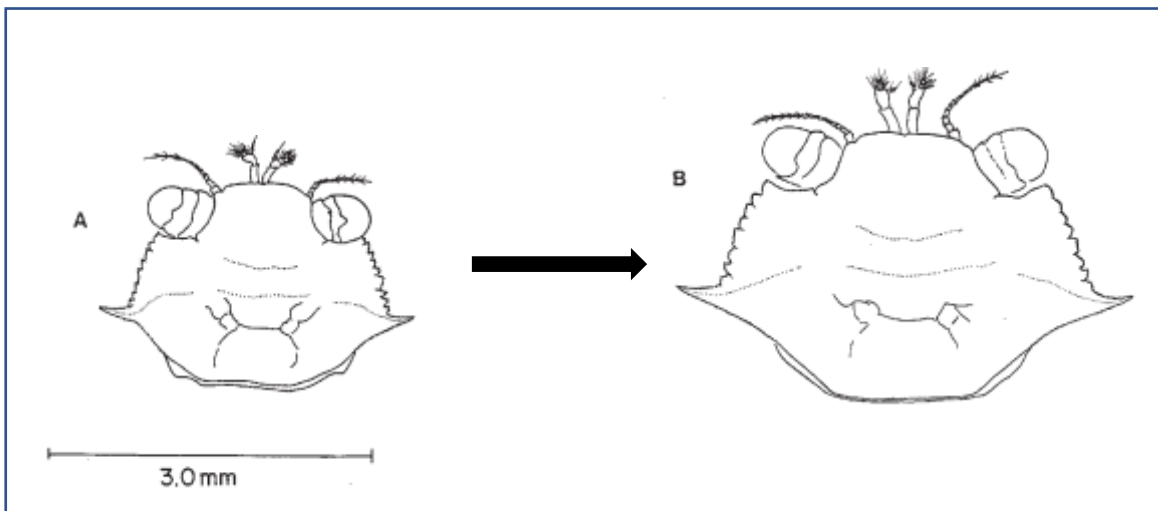


Figura 1.6 Ilustración del primer y segundo cangrejo de *C. sapidus*. Fuente: Stuck et al. (2009)

Por lo tanto, de la abundancia y la supervivencia de los juveniles va a depender la existencia futura de ejemplares adultos. Los factores que influyen en la supervivencia de ejemplares juveniles son los siguientes: tamaño de los estuarios, régimen de mareas, magnitud de la amplitud de las mareas, velocidad y dirección de los vientos predominantes, regímenes de corrientes costeras y estuarinas, la abundancia y la diversidad de depredadores y tipos de hábitats disponibles para ejemplares juveniles (Heck et al , 2001).

#### 1.4- Uso de colectores pasivos para el estudio de megalopas y juveniles.

Los colectores son sustratos artificiales que simulan los hábitats naturales donde se produce el asentamiento de megalopas y posterior desarrollo de juveniles. Los colectores artificiales nos ofrecen una oportunidad única para estudiar los patrones de colonización de comunidades faunísticas (Kaufman *et al.* 1992).

Se han realizado estudios del asentamiento en hábitats bentónicos utilizando unidades estandarizadas (Virnstein & Curran, 1986; Sogard, 1989; Nakamura *et al.* 2003; Upston & Booth, 2003; Irving *et al.* 2007) y han sido utilizados para evaluar variaciones espacio-temporales de larvas de peces (Doherty, 1987; Milicich *et al.* 1992).

El método más utilizado para el muestreo de ejemplares juveniles y megalopas es el uso de colectores pasivos. En la gran mayoría de los estudios se han utilizado a modo de colectores tubos cilíndricos de PVC envueltos de un material fibroso llamado *hoghs hair* (Figura 1.7), que se usa como filtro de aires acondicionados.

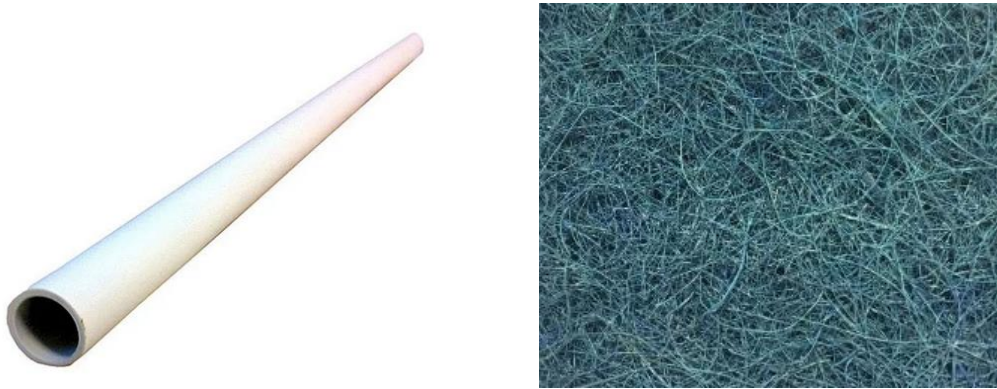


Figura 1.7: Materiales de los que están fabricados los colectores mayormente utilizados.

El primero en utilizar este método fue van Montfrans *et al.* (1990) y sus dimensiones eran de 47 cm de alto, 39 cm de ancho y 1 cm de espesor del filtro. Después otros autores como Metcalf *et al.* (1995), Rabalais *et al.* (1995), Morgan *et al.* (1996), Hasek and Rabalais (2001), Tankersley *et al.* (2002), Forward *et al.* (2004) y Bishop *et al.* (2010) han utilizado estos cilindros aunque con dimensiones que pueden variar ligeramente entre ellos.

En cuanto a la colocación de los colectores, algunos autores como van Montfrans *et al.* (1990) los colocaron a 10 cm por debajo de la superficie del agua, sin embargo, otros como Tankersley *et al.* (2002) los colocaron un metro por debajo de la superficie.

Algunos estudios como los realizados por Metcalf *et al.* (1995) y Bishop *et al.* (2010) colocaron colectores tanto en la superficie como a más profundidad. Bishop *et al.* (2010), colocó colectores flotando justo debajo de la superficie y colectores más profundos a un metro de los sedimentos aproximadamente. Comprobó que el 86.8% de las megalopas y el 89.3% de los juveniles se encontraban en los colectores de fondo.

La época del año donde se realizaban los muestreos se concentraba entre los meses de julio y diciembre, ya que es la época estival, y por lo tanto el periodo del año donde es más probable que la abundancia de la mayoría de especies sea mayor. En cuanto a la periodicidad de los muestreos la mayoría de los estudios lo hace diariamente: van Montfrans *et al.* (1990), Metcalf *et al.* (1995), Rabalais *et al.* (1995), Morgan *et al.* (1996) y Hasek and Rabalais (2001). Incluso

uno de ellos lo realiza cada hora por la noche (Tankersley *et al.* 2002). Sin embargo, el estudio más actual, Bishop *et al.* (2010), realizó un muestreo que se realizaba semanalmente.

Respecto al número de réplicas utilizadas, pueden ir desde tres hasta diez réplicas. El uso de 3 es el más común, utilizado por autores como: Rabalais *et al.* (1995), Forward *et al.* (2004), Morgan *et al.* (1995) y Heck *et al.* (2001). Tankersley *et al.* (2002) utilizó una réplica más y Pardo *et al.* (2010) fue el autor que hizo más repeticiones, 10 en total. El artículo más actual, Bishop *et al.* (2010), utilizó cuatro.

La limpieza de los mismos se ha realizado de manera muy similar. El primero en realizar esta metodología fue van Montfrans *et al.* (1990), y consiste en lo siguiente:

- 1- Dejar los colectores sumergidos en cubos de 19 litros llenos de agua dulce durante 20 minutos.
- 2- Luego se enjuagan con agua en dos ocasiones en cubos adicionales de 19 litros.
- 3- El agua resultado del enjuague se pasa a un tamiz de 3 mm y luego de 0.5 mm.

Se estimó que este procedimiento tenía una efectividad del 98 %, con lo que varios autores como: Metcalf *et al.* (1995), Hasek and Rabalais (2001) Tankersley *et al.* (2002) y Forward *et al.* (2004), también utilizaron su método.

## 2. OBJETIVOS

- 1- Analizar la distribución espacial y temporal de las larvas megalopas y juveniles de *C. sapidus* en zonas de conexión entre la Albufera de Valencia y el mar.
- 2- Examinar los principales factores ambientales que podrían influir en el asentamiento de megalopas de *C. sapidus*.
- 3- Estudiar si la posición de los colectores tiene influencia en la abundancia de *C. sapidus* y *P. marmoratus*.
- 4- Comprobar si *C. sapidus* y *P. marmoratus* coexisten en el mismo hábitat y época del año

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

#### 3.1- Zona de estudio.

La Albufera es un espacio natural situado en la provincia de Valencia. Se trata de una laguna costera que va desde la desembocadura del río Turia y termina en los acantilados alrededor del cabo de Cullera. Esta tiene una longitud de 30 km de largo y ocupa una superficie de 23.94 km<sup>2</sup>.

La playa y la Dehesa de la Albufera forman una barrera arenosa que se extiende a lo largo de 10 km, partiendo del sur de la ciudad de Valencia (sur del municipio de Pinedo) hasta la gola del Perellonet. Esta barrera posee una anchura de entre 1 y 1.5 km y se ha formado debido a los materiales detríticos depositados por las corrientes marinas y por aportes de barrancos y ríos de la zona. Estos depósitos fueron cerrando y aislando la Albufera, por eso mismo se implantaron una especie de canales o golas, los cuales permiten comunicar la Albufera con el mar abierto (Costa y Mansanet, 1980). Seguidamente de este cordón dunar se encuentran estabilizadas por un bosque de pinos, este sistema adopta el nombre de Dehesa de Saler.

Los aportes hídricos que llegan a la Albufera proceden de los ríos Turia y Júcar (Morales, 2019). Debido a los vertidos incontrolados de aguas fecales en estos, se ha producido un aumento de la materia orgánica y de nutrientes en el agua. El aumento de la concentración de nutrientes ha provocado la hipertrofia y la acumulación de materia orgánica, lo cual ha afectado a los sedimentos o tarquín, que es como se llama en concreto los sedimentos situados al fondo de la Albufera (San Jaume *et al.* 1992).

Por esta razón se ha pasado de una laguna que poseía una profundidad desigual de aproximadamente siete metros, y cuyas aguas eran puras y cristalinas, a una laguna con una profundidad de aproximadamente un metro, cuyas aguas adoptan un color verdoso debido a la suciedad y al crecimiento descontrolado de microalgas, el cual es provocado por el aumento de nutrientes y la eutrofización del sistema.

#### 3.2- Muestreo

##### 3.2.1- Tipos de muestreo y localización de puntos.

Se utilizaron colectores pasivos para el muestreo de megalopas y juveniles, que fueron situados en las golas de la Albufera de Valencia: Perelló, Perellonet y Pujol (Figura 3.1). En las tres golas existen compuertas que se encargan de separar el agua salada del mar con el agua dulce de la Albufera, estas se abren o se cierran para poder modificar la salinidad de la misma en función de las necesidades de pescadores y agricultores.

En este estudio se van a utilizar dos tipos de muestreo diferentes: 1) de mayor distribución espacial, pero sin réplicas cuyo objetivo era identificar la localización más idónea de los colectores, que coincide con los puntos que fueron utilizados en mi TFG (Navarro, 2021) y 2) centrado en un punto del exterior de cada una de las tres golas y con réplicas, incluidos en el marco del proyecto ECESIS.

- 1) Los colectores se encuentran situados tanto en el exterior como en el interior de las golas de la Albufera de Valencia. Esto se hizo para estudiar la distribución espacial de los diferentes estadios del ciclo de vida de la especie. Se incluyen estos puntos y datos en este trabajo debido a que se aportan nuevos datos que completan un ciclo anual en todos los puntos



- 2) En el caso de los colectores del proyecto ECESIS solamente se han colocado en el exterior de las compuertas, ya que tanto megalopas como juveniles se pueden encontrar en zonas costeras y salinas (como se puede ver en el apartado del ciclo de vida).



Figura 3.1: Localización de las tres zonas de muestreo. Fuente: Elaboración propia

Quedando los puntos de muestreo organizados de la siguiente manera (Tabla 3.1). La ubicación de estos puntos se puede ver en las figuras 3.2, 3.3, 3.4, representados de color azul.

Tabla 3.1: Nombre de los puntos del muestreo 1) de cada zona de muestreo. Fuente: Elaboración propia.

Zona	Municipio	Localización	Código
1	Pujol	Interior	PU-I
		Exterior	PU-E
2	Perellonet	Interior	PT-I
		Exterior	PT-E
3	Perelló	Exterior	P-I
			P-E-1B
			P-E-1C
			P-E-7B
			P-E-7C

Seguidamente, en el muestreo realizado en el marco del proyecto ECESIS se concentraron en el exterior, ya que se vio mediante el de mayor distribución espacial que la mayor parte de las megalopas se concentran en el exterior. Por eso se decidió hacer un análisis de réplicas en los puntos situados en el exterior de las golgas de Pujol, Perellonet y Perelló.

En cada una de estas zonas se colocaron 5 réplicas, quedando 15 colectores. Los puntos de muestreo organizados de la siguiente manera (Figura 3.2).

Tabla 3.2: Nombres de los puntos del muestreo 2) en cada zona de muestreo. Fuente: Elaboración propia.

Zona	Municipio	Localización	Código
1	Pujol	Exterior	PU-A
			PU-B
			PU-C
			PU-D
			PU-E
2	Perellonet	Exterior	PT-A
			PT-B
			PT-C
			PT-D
			PT-E
3	Perelló	Exterior	P-A
			P-B
			P-C
			P-D
			P-E



Figura 3.2: Ubicación de los colectores en la gola de Pujol. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.3: Ubicación de los colectores de la gola del Perellonet. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.4: Ubicación de los colectores de la gola del Perelló. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2- Periodo y frecuencia

En cuanto a la frecuencia de muestreo, gran parte de los trabajos que muestrean megalopas y juveniles, renuevan colectores con una frecuencia diaria: van Montfrans *et al.* (1990), Metcalf *et al.* (1995), Rabalais *et al.* (1995), Morgan *et al.* (1996) y Hasek and Rabalais (2001). Sin embargo, Bishop, *et al.* (2010), cambia los colectores cada siete días y a la hora de analizar los datos se dividen entre siete para poder saber el número de megalopas o juveniles capturados por día.

En este estudio la frecuencia de muestreo varía en función de la época del año donde nos encontremos. En general se ha muestreado cada siete días, pero entre los meses de marzo a junio se ha realizado un muestreo quincenal dada la baja probabilidad de encontrar megalopas y juveniles. En la mayoría de los artículos analizados: van Montfrans *et al.* (1990), Metcalf *et al.* (1995) ,Morgan *et al.* (1996), Bishop, *et al.* (2010), el periodo de muestreo se concentra únicamente durante los meses de [Junio/Julio - Noviembre/Diciembre].

El periodo de muestreo se puede observar en las tablas 3.3 y 3.4 donde aparecen las fechas de inicio y fin del muestreo de cada uno de los puntos correspondientes a los dos tipos de muestreo.

Tabla 3.3: Fecha de inicio y fin de los muestreos de cada uno de los puntos del muestreo 1).

Fuente: Elaboración propia.

Zona	Municipio	Localización	Código	Inicio de muestreo	Fin de muestreo	
1	Puyol	Interior	PU-I	19/02/2021	15/12/2021	
		Exterior	PU-E	19/02/2021	15/12/2021	
2	Perellonet	Interior	PT-I	19/02/2021	15/12/2021	
		Exterior	PT-E	19/02/2021	15/12/2021	
3	Perelló	Exterior	Interior	P-I	19/02/2021	15/12/2021
			P-E-1B	13/08/2020	15/12/2021	
			P-E-1C	21/01/2021	15/12/2021	
			P-E-7B	13/08/2020	15/12/2021	
			P-E-7C	21/01/2021	15/12/2021	

Tabla 3.4: Fecha de inicio y fin de los muestreos de cada uno de los puntos de muestreo del muestreo 2).

Fuente: Elaboración propia.

Zona	Municipio	Localización	Código	Inicio de muestreo	Final de muestreo
1	Pujol	Exterior	PU-A	03/12/2021	17/08/2022
			PU-B	03/12/2021	17/08/2022
			PU-C	03/12/2021	17/08/2022
			PU-D	03/12/2021	17/08/2022
			PU-E	03/12/2021	17/08/2022
2	Perellonet	Exterior	PT-A	21/10/2021	17/08/2022
			PT-B	21/10/2021	17/08/2022
			PT-C	21/10/2021	17/08/2022
			PT-D	21/10/2021	17/08/2022
			PT-E	21/10/2021	17/08/2022
3	Perelló	Exterior	P-A	10/09/2021	17/08/2022
			P-B	10/09/2021	17/08/2022
			P-C	10/09/2021	17/08/2022
			P-D	10/09/2021	17/08/2022
			P-E	10/09/2021	17/08/2022

### 3.2.2- Tipo de colector.

En este estudio se ha utilizado un colector pasivo de material fibroso. Se trata de una borla de baño de nylon (Figura 3.5). Se ha pensado en este tipo de colector ya que ofrece múltiples recovecos para el asentamiento y refugio de las larvas, es fácilmente manejable, es económico, no requiere trabajo fabricarlo y está disponible en gran variedad de comercios.



Figura 3.5: Imagen de los colectores utilizados. Fuente Elaboración propia.:

Este colector a diferencia de los utilizados en anteriores estudios tiene un tamaño mucho menor, teniendo un diámetro de 15 cm. Aplicando la fórmula de volumen de una esfera:  $V = 4/3 \pi r^3$ , dio un resultado de 0.001 m<sup>3</sup>.

### 3.2.3 – Colocación de los colectores.

Los colectores se han colocado a 10 cm por encima del fondo (Figura 3.6). Como ya se ha dicho en la introducción diversos autores, que han trabajado con colectores, los han ubicado a distintos niveles en el columna de agua.

En este trabajo se ha optado por ponerlos a aproximadamente 1-1,5 m de profundidad, a unos 10 cm por encima del fondo. Bishop *et al.* (2010), que trabajaron con colectores en superficie y fondo, encontraron que más del 85% de las megalopas se recuperaban en los colectores ubicados próximos al fondo. Además, al ubicarlos cerca del fondo, son menos visibles y están más protegidos por encontrarse en una zona concurrida por pescadores y utilizada para deportes recreativos.

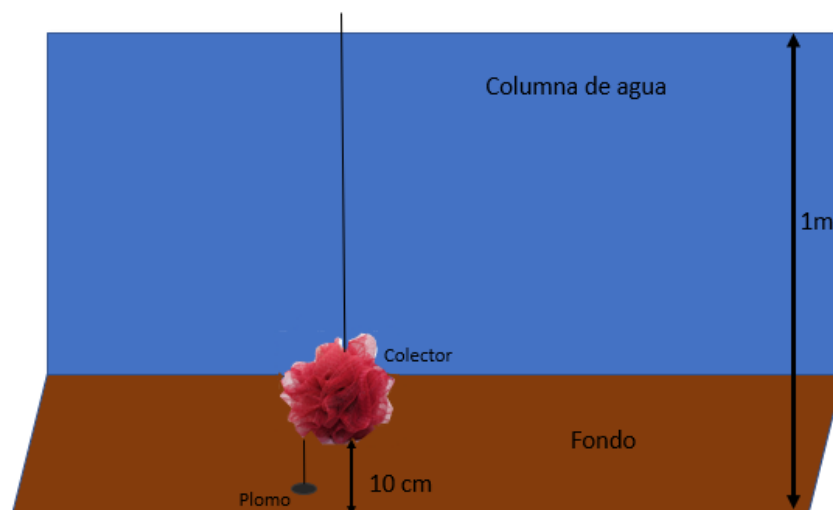


Figura 3.6: Ubicación del colector debajo del agua. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4- Procedimiento de campo.

El contenido de las muestras no se extrae en el campo, se hace en el laboratorio mediante el procedimiento que se explicará a continuación. Por lo tanto, simplemente se recogen los colectores y se guardan en botes de 2 L de capacidad, para posteriormente lavarlos en el laboratorio. Finalmente se coloca un nuevo colector, que se recogerá la semana siguiente.

En ambos muestreos se han medido las propiedades físico-químicas: temperatura y salinidad. En el muestreo tipo 1 en la zona del Perelló se hacía una medición superficial y otra a un metro de profundidad aproximadamente, y en las demás zonas de muestreo se hacía una sola medición superficial.

Ahora en el muestreo 2), esta medición se hace de manera diferente, en todas las zonas se hace una sola medición, y esta se realiza a una profundidad de un metro aproximadamente. Esto se debe a que el colector se encuentra situado a 10 cm por encima del fondo y esta variable se tiene que medir respecto a donde se encuentre el colector. Los materiales utilizados en el muestreo aparecen representados en la siguiente imagen (Figura 3.7).



Figura 3.7: Materiales utilizados en el muestreo de menor distribución espacial. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3- Procedimiento de laboratorio.

#### 3.3.1- Lavado de los colectores

Van Montfrans *et al.* (1990) y otros autores utilizaron colectores con un volumen aproximado de 60 dm<sup>3</sup> por lo que sus lavados se realizaban en cubos con 19 L de agua dulce. Para nuestros colectores, con un volumen aproximado de 1 dm<sup>3</sup>, el procedimiento fue el siguiente:

Pasos:

- 1- En primer lugar, se llenan de agua dulce los recipientes de plástico de 2 L donde cada colector se encuentra. Se tienen que dejar sumergidos al menos 10 minutos, para que de esta manera los organismos que se encuentran en ellos salgan del colector.
- 2- Seguidamente el agua que ha quedado después de dejar el colector reposar se tiene que colar mediante un tamiz, en este caso se ha utilizado uno de luz de maya de 500 µm.
- 3- A continuación, se realizan los lavados del colector, se hacen tres lavados de 3 litros sin contar con el anterior. Estos son mucho más rápidos, simplemente se sumerge el colector en agua dulce para que los organismos que hayan quedado más escondidos salgan.
- 4- Finalmente, las muestras se etiquetan y conservan mediante etanol al 70%.

Este proceso de lavado de los colectores mostró una efectividad mayor del 90% y fue estimado a partir del recuento de colonizadores según lo determinado por un análisis del número acumulativo de individuos encontrados en seis enjuagues sucesivos de tres litros por filtro (N = 6).

#### 3.3.3- Procesamiento de muestras.

Una vez se han lavado los colectores y se ha conservado su contenido, ya se pueden procesar las muestras.

En primer lugar, el contenido de la muestra se vierte en una bandeja blanca para poder ver claramente su contenido. En el caso de que hubiera mucha suciedad en la misma, se ha colado su contenido por un tamiz con luz de maya de 1mm.

En estas se contaron los ejemplares de megalopas y juveniles de *C. sapidus*, además de otras especies de cangrejo, tanto en su estado de megalopa como juvenil. Una vez separados los organismos, mediante la lupa se han identificado las especies.

Las megalopas de *C. sapidus* (Figura 3.7), tienen una longitud total de 2.62 – 3.80 mm y su caparazón mide entre 1.62 y 2.11 mm. Los rasgos que las caracterizan son los siguientes (Stuck *et al.* 2009):

- Forma del rostro puntiaguda.
- Un par de espinas laterales que se encuentran en la parte ventral posterior, al margen del cefalotórax.
- Su abdomen está compuesto por seis segmentos y telson, y el quinto segmento tiene unas grandes espinas laterales.

Las claves de identificación de ejemplares juveniles de *C. sapidus* son las siguientes:

- La longitud puede ser desde 3 mm a 10 mm.
- Posee en el caparazón con dos espinas laterales prominentes.
- A cada lado del caparazón se encuentran de 8 a 9 espinas más pequeñas, incluyendo el margen exterior de la órbita.

- Margen frontal del caparazón ligeramente convexo con una ligera muestra medial.

Cuando ya se han clasificado los organismos presentes en cada muestra se guardan en viales Eppendorf y se conservan mediante etanol 70%.

Además, se etiquetan indicando fecha, punto de muestreo y especie identificada.

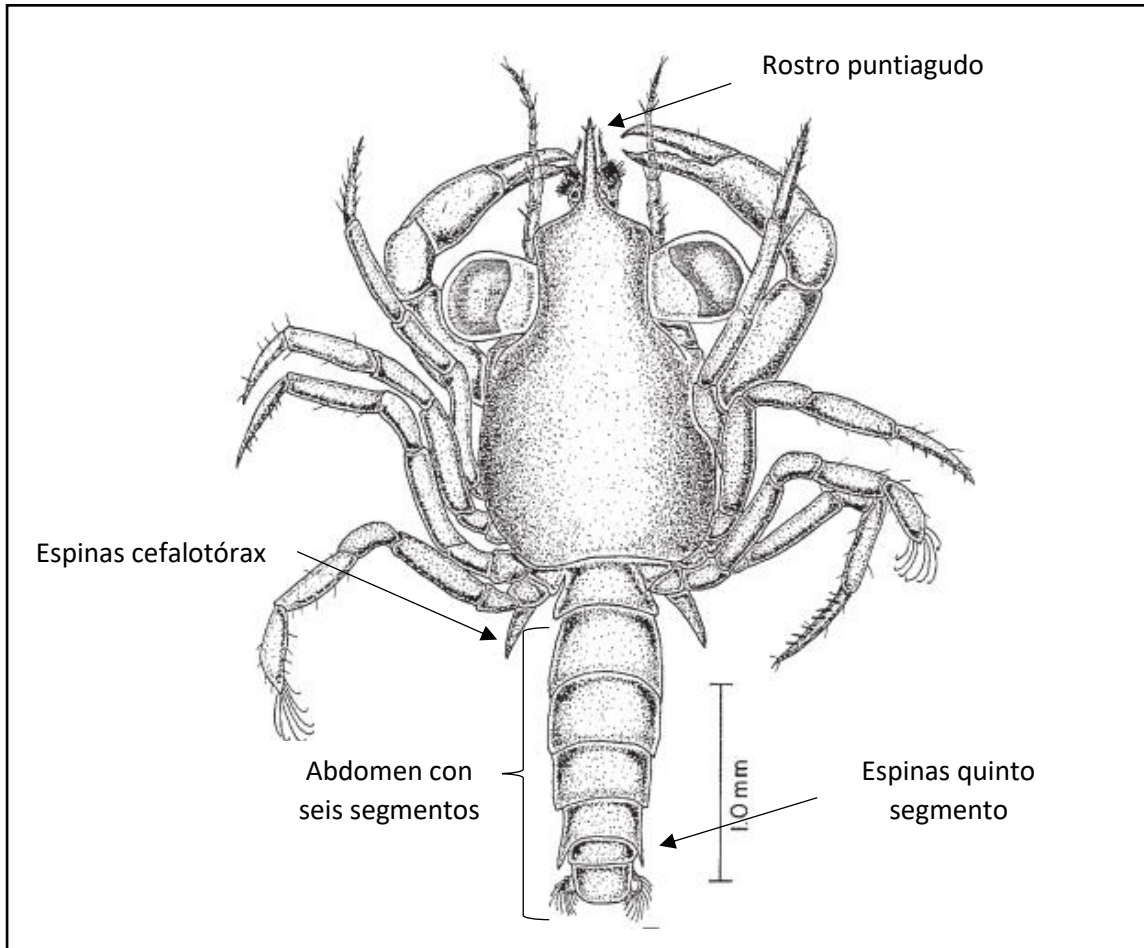


Figura 3.8: Claves de identificación de megalopas de *C. sapidus*. Fuente: Stuck et al. (2009).

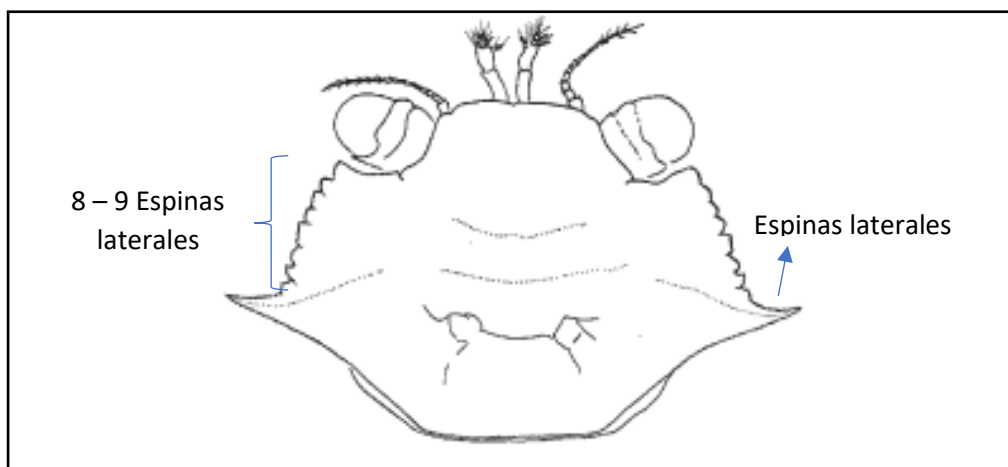


Figura 3.9: Claves de la identificación de ejemplares juveniles de *C. sapidus*. Fuente: Stuck et al. (2009).



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1- Muestreo de mayor distribución espacial sin réplicas.

En este muestreo como se ha explicado anteriormente, se repartieron puntos de muestreo en el interior y en el exterior de las golas de las tres zonas de muestreo: Perelló, Perellonet y Pujol, y no se utilizaron réplicas. En los puntos situados en el interior no se encontró en ninguno de ellos y en ninguna época del año ningún ejemplar de megalopa o juvenil de *C. sapidus*. Por eso en la representación de estos datos solamente se han tenido en cuenta los puntos situados en el exterior.

Estos muestreos se han realizado cada 7 días aproximadamente dependiendo de la semana, pero en la mayoría de los artículos observados los colectores se han colocado y recogido diariamente. Por eso se han representado al igual que Bishop *et al* , (2010), dividiendo el resultado entre los días que se tardó en recoger el colector. Es decir, se han estandarizado los resultados para poder ser comparables, ya que dependiendo de la semana los colectores han estado colocados más o menos tiempo.

En primer lugar, se van a mostrar los resultados de las propiedades físico-químicas: salinidad y temperatura, estos se tomaron a 1 m de profundidad aproximadamente y superficialmente. Sin embargo, para realizar los gráficos solamente se han considerado los tomados a un metro de profundidad, ya que el colector se ha situado a esa profundidad aproximadamente e interesa saber las propiedades en el lugar donde está situado.

Luego se han tomado los datos de *C. sapidus* junto con los de *Pachygrapsus marmoratus* ya que se ha observado que ambas especies coexisten en el mismo tipo de hábitat. Como ya se ha mencionado *C. sapidus* se trata de una especie exótica invasora, sin embargo, *P. marmoratus* es una especie nativa del Mediterráneo y Atlántico oriental (Palomares y Pauly, 2018). Durante las primeras etapas de su desarrollo (megalopa y primer cangrejo) *P. marmoratus* tiene un tamaño mayor que *C. Sapidus* (Figura 4.1).

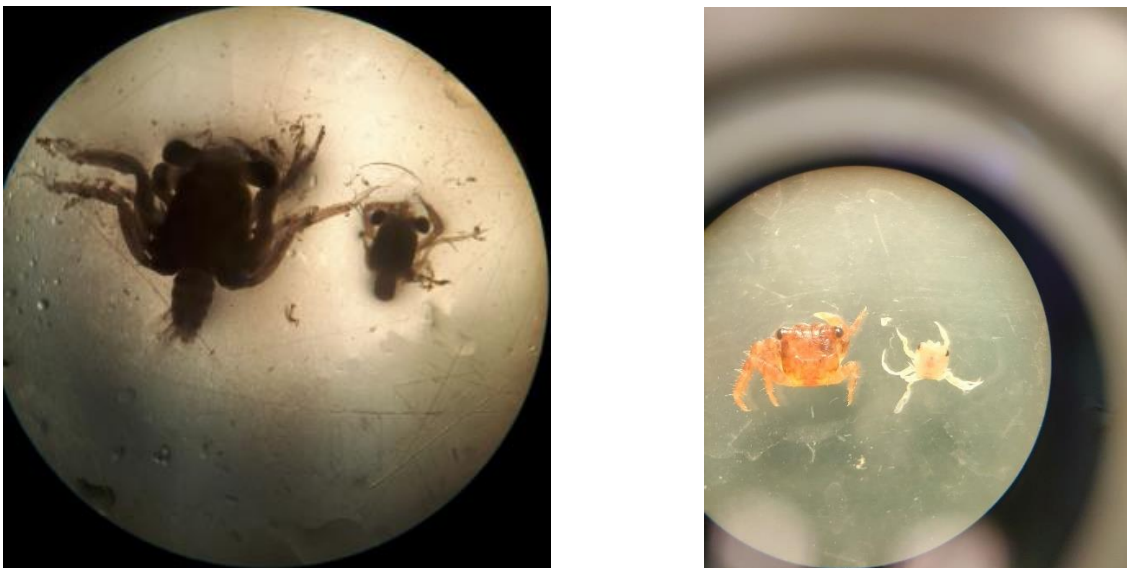


Figura 4.1: Comparación de una megalopa y un juvenil de *P. marmoratus* y *C. sapidus*.  
En ambas imágenes *P. marmoratus*: Izquierda y *C. sapidus* derecha. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se ha calculado las megalopas/día de cada uno de los puntos de muestreo. Esto se ha calculado considerando el total de megalopas recogidas en un mismo colector y dividiendo este total entre todos los días que ha permanecido el colector en el agua.

#### 4.1.1- Propiedades físico-químicas.

En la figura 4.2 aparecen representados los datos correspondientes a las propiedades físico-químicas de los puntos situados en el exterior de la gola del Perelló. Esta zona se encuentra directamente conectada con el mar, por lo tanto, se espera que la salinidad sea más elevada que en resto de las zonas.

Como se puede observar ambas propiedades son muy similares en los cuatro puntos de muestreo. La salinidad es un parámetro que varía mucho a lo largo del año, se han registrado valores desde 0.5 a 37.3. La temperatura ha cambiado a lo largo del año de manera progresiva, cambiando en el tiempo en función de la temperatura atmosférica, se han registrado valores de 5.2°C durante el invierno y 28.5°C en verano. Estas variaciones de salinidad se producen debido a la salida de agua dulce de la Albufera, la cual está regulada a través de las compuertas que se encuentran en las golas.

Se sabe que la salinidad es un parámetro que influye en la supervivencia de las megalopas (Epifanio, 2019), por eso se han buscado los valores más elevados en la serie temporal. Los datos más elevados de salinidad se produjeron en el 04/11/2021 y 11/11/21 y fueron de 37.1 y 37.3 respectivamente.

En la figura 4.3 se pueden ver los datos de salinidad y temperatura de los puntos situados en el exterior de las golas de Perellonet y Pujol. Ambas zonas se encuentran más alejadas del mar, con lo que se espera que la salinidad sea menor que en el Perelló.

Como se puede ver ambos gráficos son muy similares, no existen diferencias significativas en las propiedades físico químicas de ambos puntos. La temperatura al igual que la zona del Perelló aumenta o disminuye progresivamente en función de la temperatura atmosférica, en los meses de verano la temperatura es más elevada llegando a los 30°C y en invierno se han registrado datos desde 9°C.

A diferencia del Perelló, en el Perellonet y Pujol la salinidad se ha mantenido en valor bajos que no superaban los 5 . Sin embargo, se han producido picos de salinidad en ambas zonas. En el Perellonet la salinidad más elevada se registró en el periodo del 04/11/2021, 11/11/2021 y 19/11/2021, con valores de 32.6, 36.7 y 38.3 respectivamente. En Pujol se produjeron dos picos de salinidad, uno de ellos en el 07/05/21, 14/05/21 y 21/05/21 con unos valores de 10.2, 8.6 y 9.4 , y el pico más alto fue el 11 y el 19 de noviembre del mismo año, llegando a valores de 31.4 y 30.7 respectivamente.

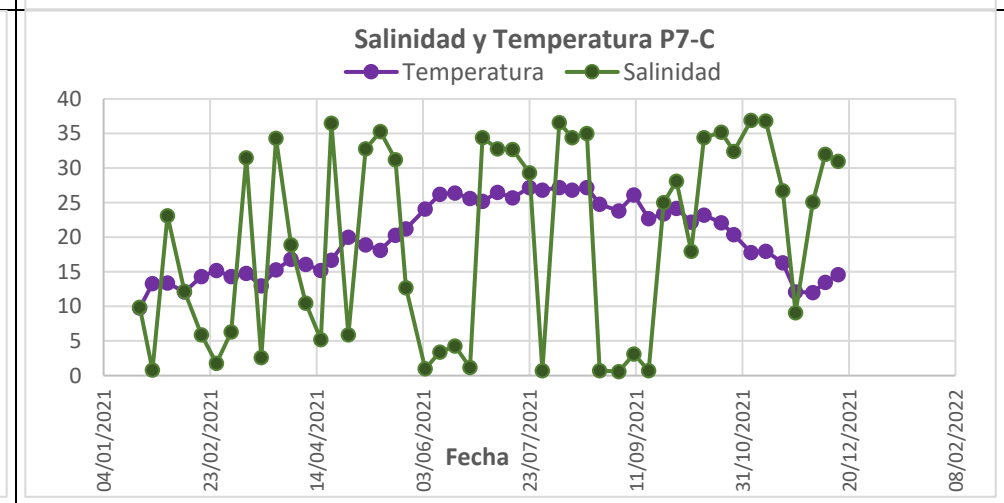
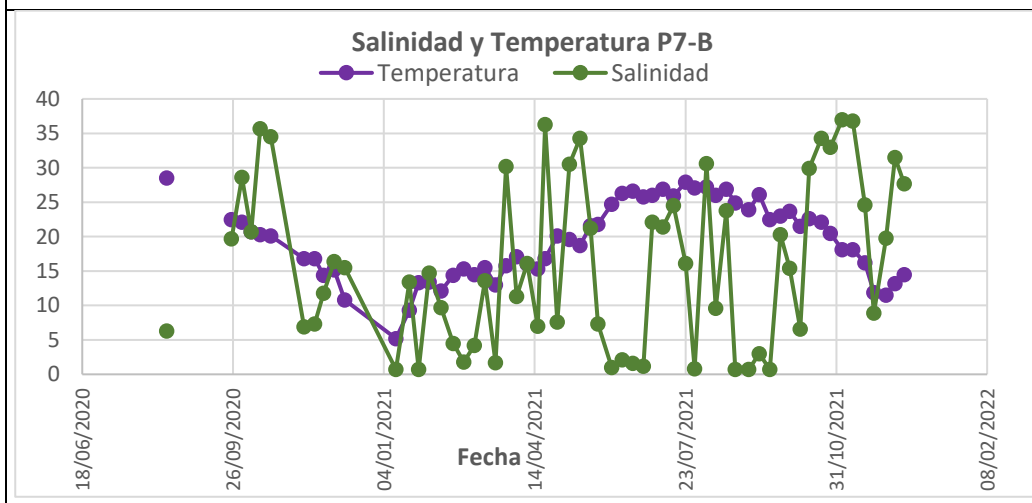
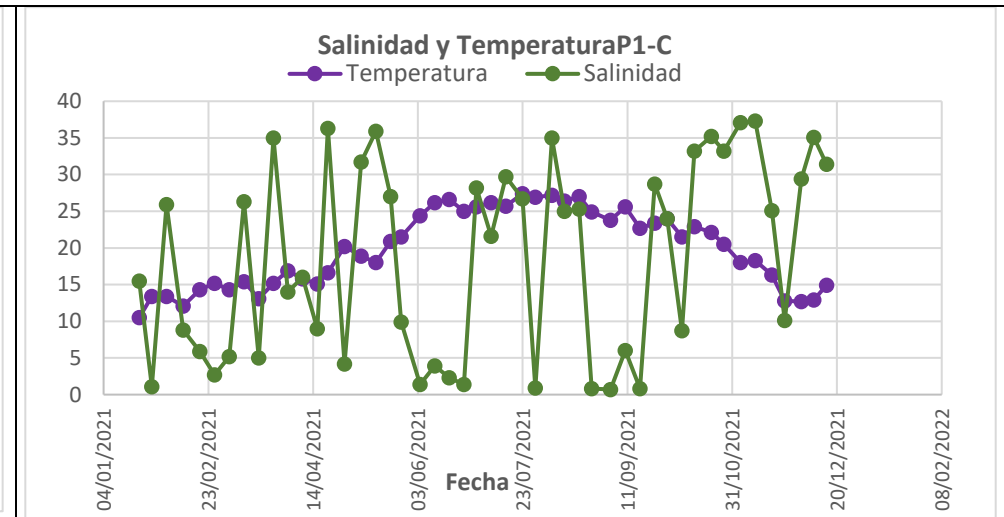
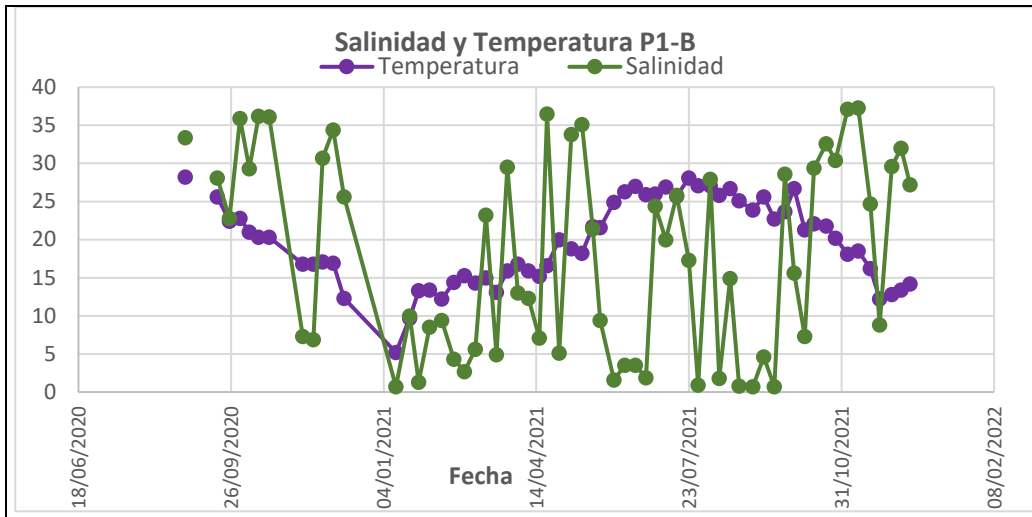


Figura 4.2: Salinidad y Temperatura de los puntos de muestreo situados al exterior de la gola del Perelló. Fuente: Elaboración propia.

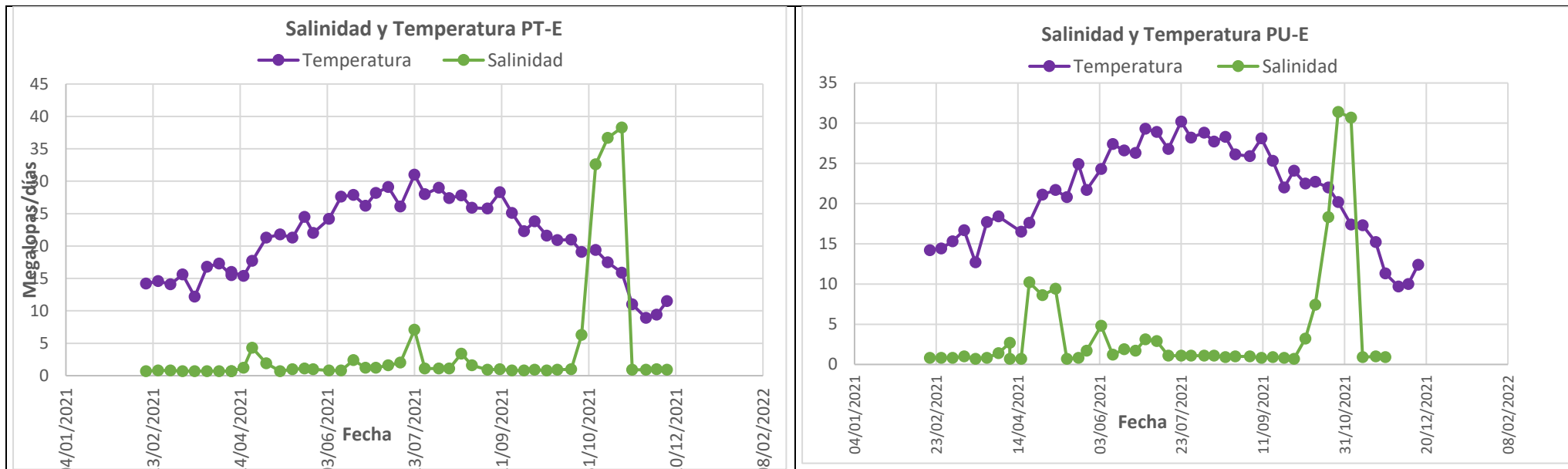


Figura 4.3: Salinidad y Temperatura de los puntos de muestreo situados al exterior de las golas del Perellonet y Pujol. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2- Megalopas.

Megalopas de *C. sapidus* y *P. marmoratus* solamente se han encontrado en los puntos situados en el exterior de las compuertas de la zona del Perelló.

Forward *et al.* (2004) especificó en su estudio que el 67,3 % de todas las megalopas recolectadas durante el periodo de muestreo se encontraron principalmente en septiembre y octubre. Más tarde Bishop *et al.* 2010, encontró el 84.4% del asentamiento de megalopas entre el 5 de agosto y el 2 de septiembre. Por último, van Montfrans *et al.* 1990 observó cuando empezaba el pico de megalopas durante 4 años consecutivos, y los periodos de asentamiento empezaban desde principios de septiembre hasta principios de noviembre. Por lo tanto, en anteriores estudios la información coincide con que la mayoría de megalopas se encontraron en el periodo de agosto a noviembre.

##### 4.1.2.1- Megalopas de *C. sapidus*.

En la gola del Perelló, en los puntos en el borde de los pantalanos (P1-B y P7-B) el muestreo empezó antes que en los puntos situados en el canal (P1-C y P7-C), coincidiendo con los meses donde es más probable encontrar megalopas. Por eso mismo en los puntos del borde se registraron dos periodos de asentamiento de megalopas y en los del canal uno (Figura 4.3).

En el punto P1-B se registraron megalopas del 13/08/2020 al 19/11/2020 y se encontraron 200 megalopas en total, el pico se produjo del 17/09/2020 al 02/10/2020, siendo el 97.5% del total de megalopas encontradas durante el 2020. En el año siguiente las megalopas tardaron más en aparecer, situándose el periodo de asentamiento del 10/09/2021 al 15/12/2021 y encontrándose un total de 887. El pico de megalopas de este segundo periodo de asentamiento se produjo del 30/09/2021 al 21/10/2021, siendo el pico el 99.4% del total de ejemplares de todo el periodo de asentamiento. En este año aparecieron más de cuatro veces las megalopas encontradas en el año anterior.

En el punto P7-B en el periodo de asentamiento del 2020 se registraron megalopas del 13/08/2020 al 18/10/2020, encontrándose un total de 96. Durante este periodo se produjeron dos picos, el primero de ellos del 13/08/2020 al 27/08/2020, teniendo el 26% del total de megalopas. El segundo pico fue del 25/09/2020 al 08/10/2020, donde se encontraron el 74% del total de megalopas. El periodo de asentamiento del 2021 se produjo del 24/09/2021 al 19/11/2021, encontrándose un total de 33 megalopas, y el pico comprende desde el 24/09/2021 al 27/10/2021, donde se contabilizó el 97% del total de megalopas.

Como se puede ver el periodo de asentamiento en estos dos años no ha sido exactamente el mismo, si no que ha habido un desplazamiento de un mes, ya que en el 2020 el periodo comenzó a principios de agosto hasta mediados de noviembre y en el 2021 de finales de septiembre a principios de diciembre.

En el punto P1-B se registraron un total de 1087 megalopas durante todo el periodo de muestreo, mientras que en punto P7-B se registraron 129 megalopas durante el mismo periodo. Esta diferencia tan grande puede deberse a la distancia a la que se encuentran los colectores del mar. El punto P1-B se encuentra en el pantalán del club náutico más cercano al mar, y como se ha visto en la introducción las megalopas se encuentran en zonas costeras y se dirigen poco a poco a los estuarios, por lo tanto, cabría esperar que las megalopas se hayan concentrado más en este punto.

Por otra parte, los puntos situados en el canal (P1-C y P7-C) tienen un periodo de muestreo más corto comenzando 5 meses después respecto de los anteriores. Por eso en ambos solamente se registró el periodo de asentamiento correspondiente al 2021 (Figura 4.4).

En el punto P1-C el periodo de asentamiento se sitúa desde el 19/08/2021 al 09/12/2021, y se registraron un total de 608 megalopas. El pico se produjo del 24/09/2021 al 19/11/2021, y se contaron el 98% del total de megalopas.

En el P7-C el periodo de asentamiento comprende desde el 10/09/2021 al 15/12/2021 y se encontraron 113 ejemplares. El pico se produjo del 10/09/2021 al 04/11/2021 suponiendo el 97% del total.

En los puntos situados en el canal también se nota la influencia que tiene la distancia al mar, en el colector que se encuentra en el pantalán 1 (el más próximo al mar) se contabilizaron un total de 608 megalopas, mientras que en el pantalán 7 se contaron 113 en todo el periodo de muestreo.

Además, se confirma que en el 2021 el periodo de asentamiento se retrasó un mes respecto al 2020, yendo de mediados de agosto a principios de diciembre.

Como son muchos los datos proporcionados sobre megalopas, en la tabla 4.22 del apartado 4.3 del documento aparecen todos los datos significativos de este muestreo y el de menor distribución espacial.

#### 4.1.2.2- Megalopas de *C. sapidus* y *P. marmoratus*.

En cuanto a las megalopas de *P. marmoratus* solamente se han encontrado en los puntos situados en el pantalán 1 (P1-B y P1-C), en el 7 no se ha encontrado ninguna (Figura 4.4).

En el punto P1-B se registró el primer asentamiento de *C. sapidus* del 13/08/2020 al 19/11/2020, y el primer asentamiento de *P. marmoratus* se produjo del 13/08/2020 al 14/10/2020, coexistiendo ambas en el mismo hábitat y época del año. Sin embargo, el número de megalopas de *P. marmoratus* es mucho menor respecto *C. sapidus*, habiendo en total 17 ejemplares en el periodo mencionado.

En el periodo del año siguiente también coincidieron ambas especies, ya que el periodo de asentamiento de *C. sapidus* empezó el 10/09/2021 y terminó el 15/12/2021, y el de *P. marmoratus* se sitúa del 30/09/2021 al 21/10/2021. Sin embargo, este año las megalopas de *C. sapidus* aumentaron 4 veces las del año anterior y las de *P. marmoratus* disminuyeron más aun respecto del año anterior, habiendo 14 en total.

En el segundo punto donde se encontraron megalopas de *P. marmoratus* (P1-C), el periodo de muestreo fue más corto, por lo que solamente se tiene registro del asentamiento de megalopas del 2021. En este también coinciden ambas especies, pero durante menos tiempo. Se encontraron ejemplares de *P. marmoratus* del 29/07/2021 al 07/10/2021, sin detectarse un pico definido. *C. sapidus* se detectó del 19/08/2021 al 09/12/2021, teniendo un pico (periodo donde se encontraron el 97% de los organismos) del 30/09/2021 al 04/11/2021. La situación es muy parecida a la del año anterior, las megalopas de *C. sapidus* son mucho más abundantes que las de *P. marmoratus*, siendo 608 y 10 megalopas las registradas respectivamente.

En el punto 4.1.3.2 se analizará la posible interacción entre las megalopas de ambas especies.

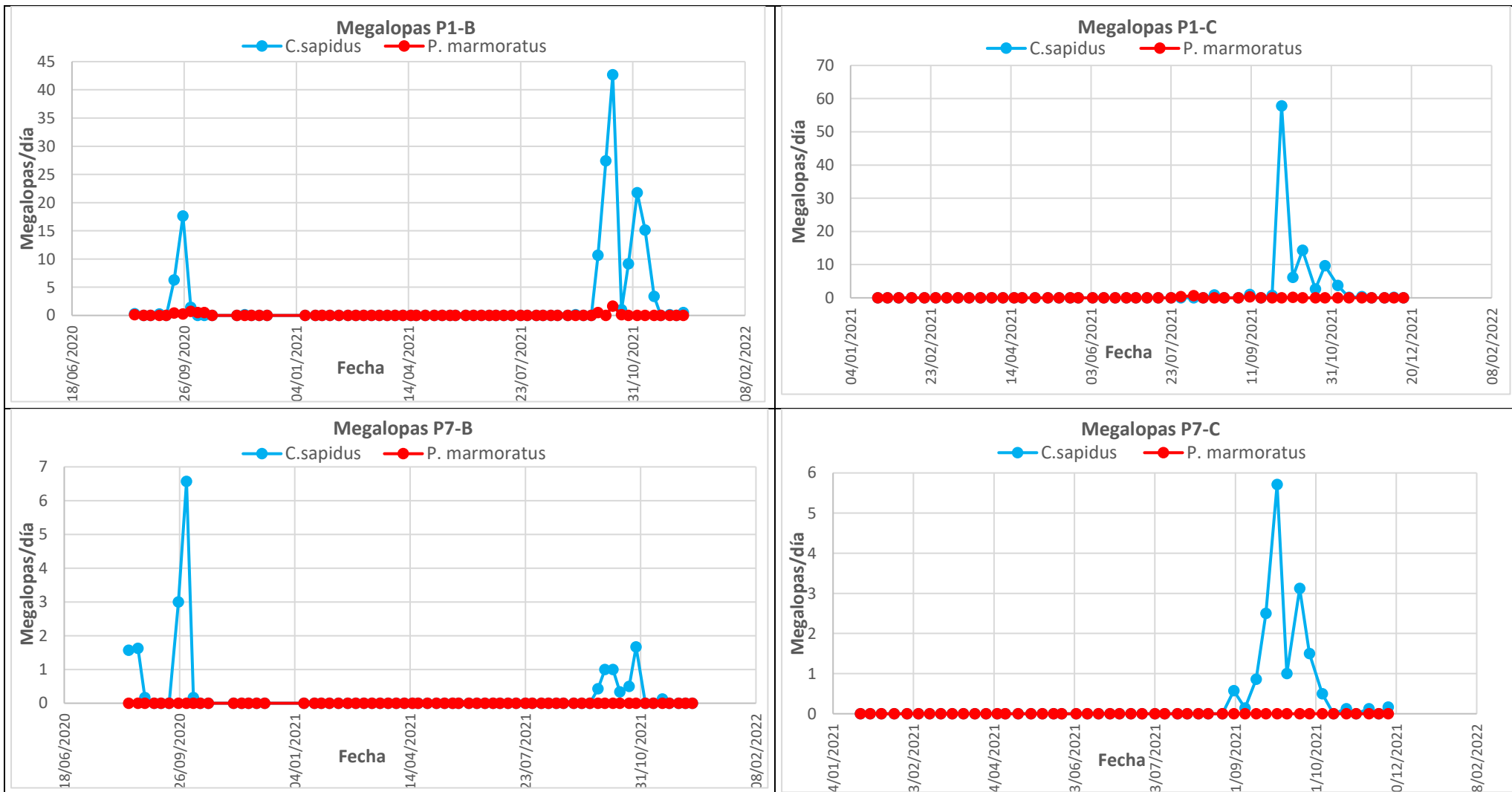


Figura 4.4: : Megalopos de *C. sapidus* y *P. marmoratus* en los puntos situados en el exterior de la gola del Perelló. Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.3- Influencia de la salinidad en la abundancia de megalopas.

Según Epifanio (2019), las megalopas necesitan de una salinidad elevada para un crecimiento y supervivencia máximos. Además, Tankersley *et al.*, (2002) estudió las fases del asentamiento de megalopas, y menciona que las megalopas ascienden verticalmente por la columna de agua como respuesta a una subida repentina de la salinidad. Las megalopas necesitan subir por la columna de agua para luego poder desplazarse horizontalmente como resultado de las mareas y las corrientes superficiales. Cuando se encuentran en esta fase el asentamiento es mayor.

Para ver si el aumento de la salinidad influye en la presencia de megalopas en la columna de agua se han hecho zooms de los asentamientos de megalopas en cada uno de los puntos. A la hora de introducir los datos, en los del pantalán 1 se han puesto dividiendo el número total de megalopas entre los días que ha estado el colector muestreando, sin embargo, en los correspondientes al 7 se han puesto los totales directamente ya que si los estandarizaba no se apreciaban los picos claramente.

Comenzando por el P1-B (Figura 4.5) se producen dos picos de megalopas durante el periodo de asentamiento. El primero comienza justo después de una subida de la salinidad yendo de 0.7 a 28.6 en una semana. Mas tarde hay otro pico donde anteriormente ha habido un aumento de la salinidad de 7.3 a 29.4 .

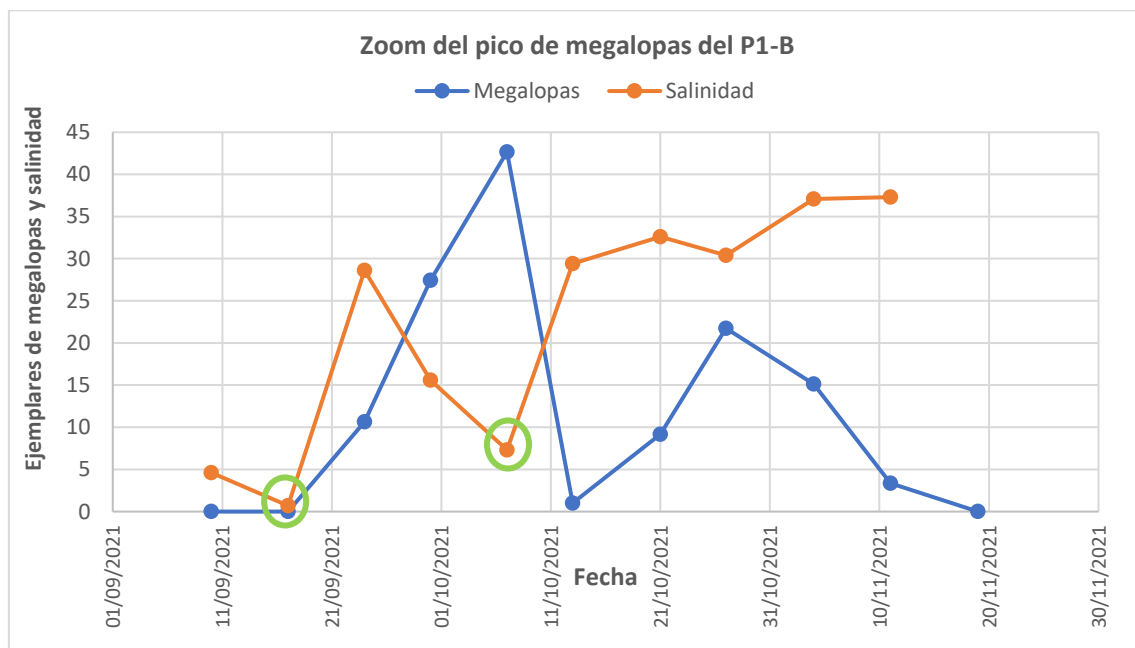


Figura 4.5: Zoom del pico de megalopas registrado en el punto P1-B durante el 2021. Fuente: Elaboración propia.

En el punto P1-C (Figura 4.6) hubo un pico muy marcado, yendo de 0 a 58 megalopas por cada día de muestreo, siendo el pico más elevado que se ha registrado durante este muestreo. Como se puede ver durante este pico se produce un aumento brusco de la salinidad, yendo de 0.8 a 28.7 .



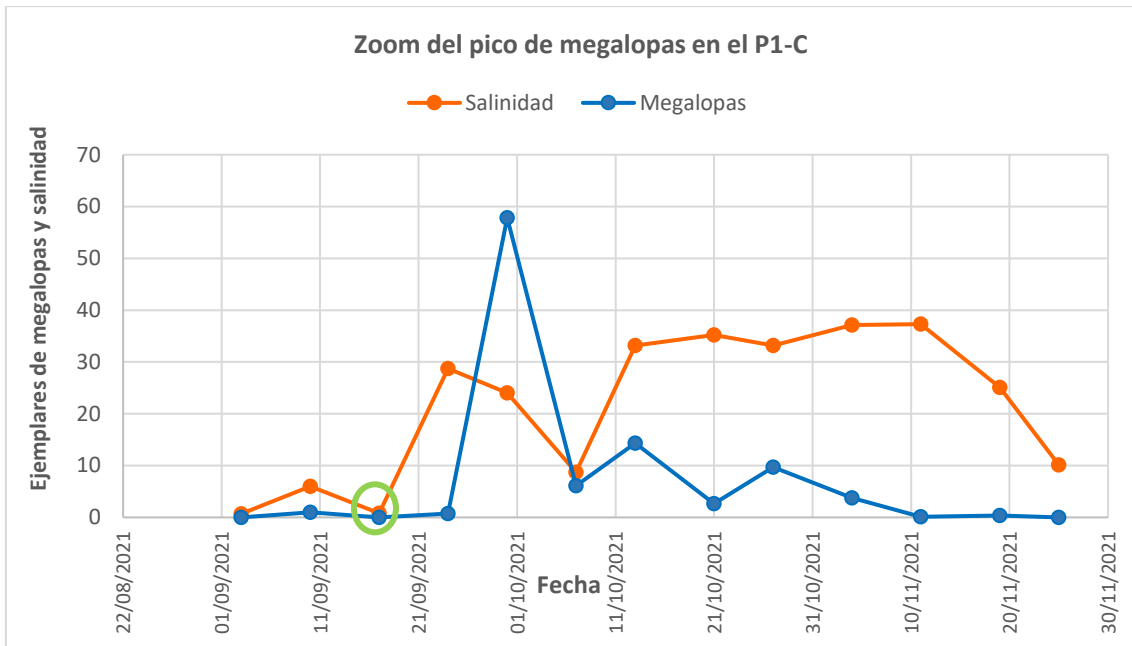


Figura 4.6: Zoom del pico de megalopas registrado en el punto P1-B durante el 2021. Fuente: Elaboración propia.

En el punto P7-B (Figura 4.7) se registró la semana anterior al pico de megalopas una salinidad de 0.7 y justo la semana que empezó hubo una subida hasta 20,3 . Unas semanas más tarde se produjo otro pico de megalopas justo después de un cambio en la salinidad de 7 a 30 .

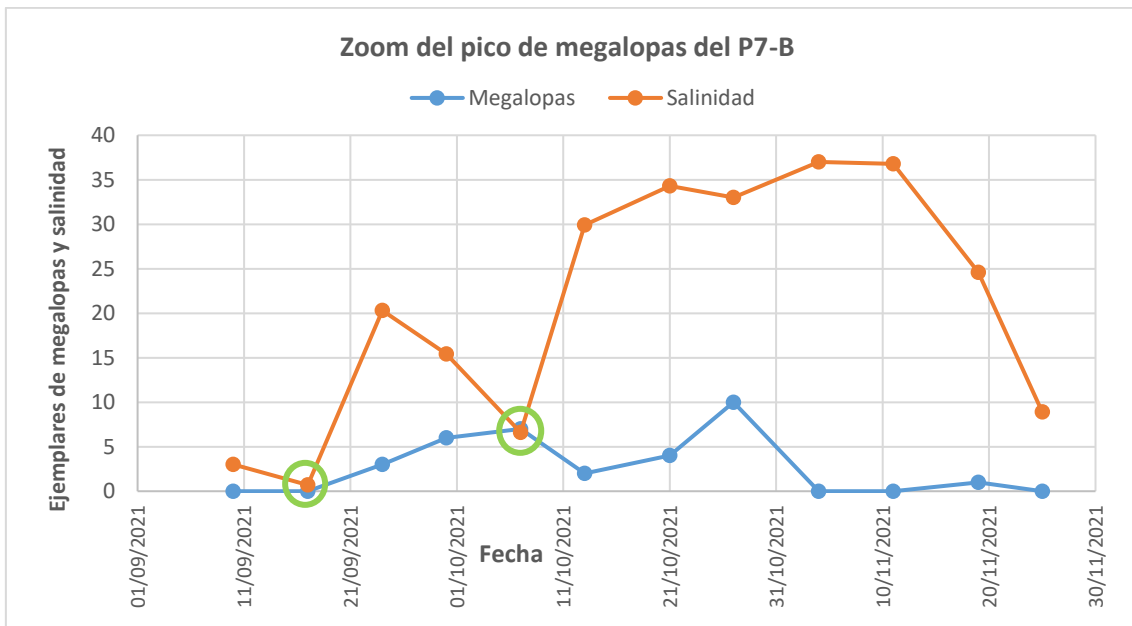


Figura 4.7: Zoom del pico de megalopas registrado en el punto P7-B durante el 2021. Fuente: Elaboración propia.

En el punto P7-C (Figura 4.8) se registraron dos picos muy marcados de megalopas. En ambos hubo una subida repentina de la salinidad, la semana de antes del primero había una salinidad de 0.8 y justo la semana que empezó se produjo una subida hasta 28.7 . Mas tarde en el siguiente pico del periodo de asentamiento, también hubo un cambio repentino de la salinidad justo antes, yendo de 18 a 34.1 .

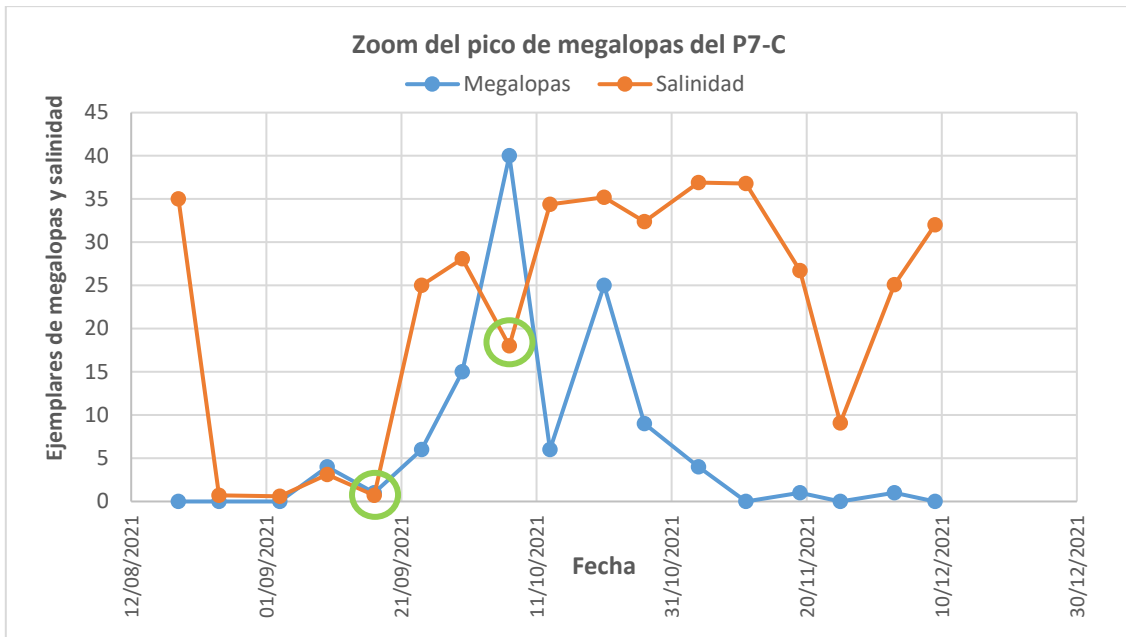


Figura 4.8: Zoom del pico de megalopas registrado en el punto P7-C durante el 2021. Fuente: Elaboración propia.

Durante el 2020 no se ha podido hacer esta comparativa entre la salinidad y el pico de megalopas, ya que en ese momento se realizaban mediciones superficiales y al estar el colector a 10 centímetros del fondo no sirven esos datos.

#### 4.1.2.4- Influencia de la fase lunar en la abundancia de megalopas.

Metcalf *et al* , (1995) estudió la influencia de la fase lunar en el asentamiento de megalopas, ya que la fase lunar influye en las mareas. Concluyó en que 4 días antes o después de la luna nueva o llena el número de megalopas aumenta.

Durante el agosto de 2020 la luna llena fue el día 3, siendo los días críticos el 7 y el 30, seguidamente la luna nueva se produjo el día 19, siendo los días críticos el 15 y el 23. En el punto P1-B y P7-B el pico de megalopas comenzó el día 13/08/20 siendo la fecha muestreo más próxima a 4 días antes de la luna nueva.

En septiembre del 2021 la luna nueva fue el día 7, siendo los días críticos el 3 y el 11 de septiembre. Seguidamente la luna llena fue el día 20 siendo el 16 y el 24 los días críticos. En los puntos P1-B, P1-C y P7-C el primer día del pico de megalopas fue el 11, siendo el día de muestreo más cercano al cuarto día después de la luna nueva. Finalmente en el punto P7-B el pico comenzó el 24, coincidiendo justamente con el cuarto día después de la luna llena.

Sin embargo, esto no se puede determinar en este estudio, ya que la frecuencia de muestreo fue semanal y no diaria, por lo que los intervalos de muestreo abarcaban distintos momentos de las fases lunares. Además en el Mediterráneo al ser un mar micromareal, la influencia de la luna es mucho menor que en otras zonas del planeta, y la marea barométrica puede llegar a tener una mayor importancia que la astronómica en determinados momentos. Hay que tener en cuenta que el estudio de Metcalf *et al* . (1995) se realizó en el océano Atlántico, donde las mareas son mayores.

#### 4.1.3- Juveniles.

Los datos de juveniles se han representado de la misma manera que las megalopas, se han dividido los datos de cada uno de los muestreos entre los días que ha estado el colector desplegado. Además de analizar los resultados de juveniles de *C. sapidus*, se van a comparar con los datos de juveniles de *P. marmoratus*.

##### 4.1.3.1- Juveniles de *C. sapidus*.

Se sabe que las megalopas tardan de 6 a 20 días en convertirse en juveniles. (Campos y Fagoth, 2018). Bishop *et al.* (2010) encontró el 68.1 % de los ejemplares juveniles en el mismo periodo que las megalopas, pero el 11.8% de ellos aparecieron poco después del periodo de megalopas. Por lo tanto, cabría esperar encontrar a los ejemplares juveniles en el mismo periodo que las megalopas o un poco después. En la tabla 4.23 del documento aparecen los porcentajes de juveniles que se han encontrado en los picos de megalopas de los puntos P1-B, P7.B, P1-C y P7-C, siendo el promedio de los cuatro puntos el 79.17%, más elevado que el porcentaje estimado por Bishop *et al.* (2010).

En el punto P1-B (Figura 4.9) el primer periodo de megalopas comenzó el 13/08/2020 y el de juveniles el 27/08/2020, con unos 14 días de diferencia entre ambos. Sin embargo, las megalopas dejan de aparecer el 19/11/2020 y los juveniles en cambio tienen picos repartidos en todo el año. El número de juveniles es más bajo que el de megalopas.

En este mismo punto en el año 2021 coincidieron el pico de megalopas y juveniles, empezando los dos el día 10/09/2021. Las megalopas aumentaron durante este año, registrándose un total de 882 y al igual que las megalopas los juveniles aumentaron este año llegando a los 220 en este mismo periodo. Esto puede deberse a que durante la época de asentamiento de megalopas se registraron picos de megalopas de hasta 256, y esto favoreció que dos semanas después también se produjeran picos de juveniles de hasta 106 ejemplares. Heck *et al.*, 2002 estudió la influencia de los picos de megalopas en la abundancia de juveniles, y llegó a la conclusión de que si el pico de megalopas es muy elevado aumenta la abundancia de juveniles.

En el punto P1-C los juveniles empezaron su pico 14 días después del inicio del pico de megalopas. En este punto también fueron muy abundantes, contándose 594, sin embargo, los juveniles fueron mucho más escasos que los encontrados en el borde de este mismo punto, contándose un total de 31, ¿Será que la posición borde/canal influye en la abundancia de juveniles?

En los puntos situados en el pantalán 7 la tendencia cambia, las megalopas son menos abundantes y los juveniles más. En el punto P7-B se registraron un total de 336 juveniles en todo el periodo de muestreo y en el P1-B 253, teniendo en cuenta los grandes picos de megalopas que se produjeron justo antes. Comparando los puntos del canal en el P7-C se registraron 123 y en el P1-C 31. El hecho de que las megalopas sean más abundantes cerca del mar y los juveniles en la zona más alejada puede deberse a que como ya se ha dicho en el ciclo de vida, las megalopas se desplazan del mar a las zonas estuarinas, donde los juveniles crecerán y se irán desplazando a zonas de una menor salinidad. (Campos y Fagoth, 2018).

En todos los puntos los juveniles se han encontrado en varias ocasiones al año, aunque los grandes picos hayan coincidido con los de megalopas.

En cuanto a los puntos situados en el exterior de las golas de Perellonet y Pujol (Figura 4.10) solamente se registraron juveniles en un periodo en el año, coincidiendo en ambas zonas del 27/10/2021 al 15/12/2021. Los ejemplares registrados en cada punto fueron prácticamente los

mismos, siendo en Perellonet 41 y en Pujol 46. La similitud de los datos de ambas zonas puede deberse a que ambas se encuentran a una distancia muy similar del mar.

#### 4.1.3.2- Juveniles de *C. sapidus* y *P. marmoratus*.

Los juveniles de *P. marmoratus* se han encontrado principalmente en el pantalán 1, siendo los datos del 7 despreciables (4 juveniles sumando los dos puntos) y en los puntos situados en el exterior de las golas del Perellonet y Pujol no se ha encontrado ninguno. (Figura 4.9) Es decir, se han encontrado en las zonas más próximas al mar. Como se ha visto en el apartado de las megalopas, estas también se han encontrado solo en los dos puntos más cercanos al mar.

Esto indica que *P. marmoratus* en sus primeros estadios de vida posee una menor adaptabilidad que *C. sapidus*. Esta adaptabilidad puede estar relacionada con factores físico químicos como la salinidad pero también con factores ambientales como la presencia de un hábitat determinado, dado que *P. marmoratus* es una especie que habita principalmente en formaciones rocosas. (Edwards, 2005).

Al igual que las megalopas, los juveniles de *P. marmoratus* y *C. sapidus* coinciden en el mismo hábitat y época del año. Por lo tanto, aunque *P. marmoratus* sea más grande en sus primeras etapas del ciclo de vida, *C. sapidus* tiene una mayor adaptabilidad a diferentes ambientes.

#### 4.1.4- Organismos recolectados en cada colector por día de muestreo.

Antes se ha visto que la posición a la que se encuentran los colectores influye en la abundancia de megalopas y juveniles de *C. sapidus* y *P. marmoratus*. Ya que cada uno de ellos se encuentra a una distancia distinta respecto al mar y este factor es muy influyente en la abundancia de ambas especies.

Por eso se han realizado unos gráficos (Figura 4.11) en los que aparecen el total de megalopas y juveniles de ambas especies en cada uno de los colectores, pero se ha dividido entre los días de muestreo totales ya que no todos los puntos han tenido el mismo periodo de muestreo y los datos deben ser comparables.

Las megalopas de *C. sapidus* y *P. marmoratus* se han concentrado mucho más en los puntos situados en el pantalán 1, confirmándose la teoría de que megalopas de ambas especies se encuentran principalmente en zonas cercanas al mar.

En cambio, en cuanto a los juveniles la tendencia de ambas especies no es la misma. Los juveniles de *C. sapidus* no tienen una tendencia marcada, esto se debe a que como ya se ha comentado, estos tienen una fácil adaptabilidad a diferentes ambientes. En cambio, los juveniles de *P. marmoratus* se han concentrado en los dos puntos más cercanos al mar, confirmando lo que se ha mencionado anteriormente, *P. marmoratus* tiene una menor adaptabilidad.

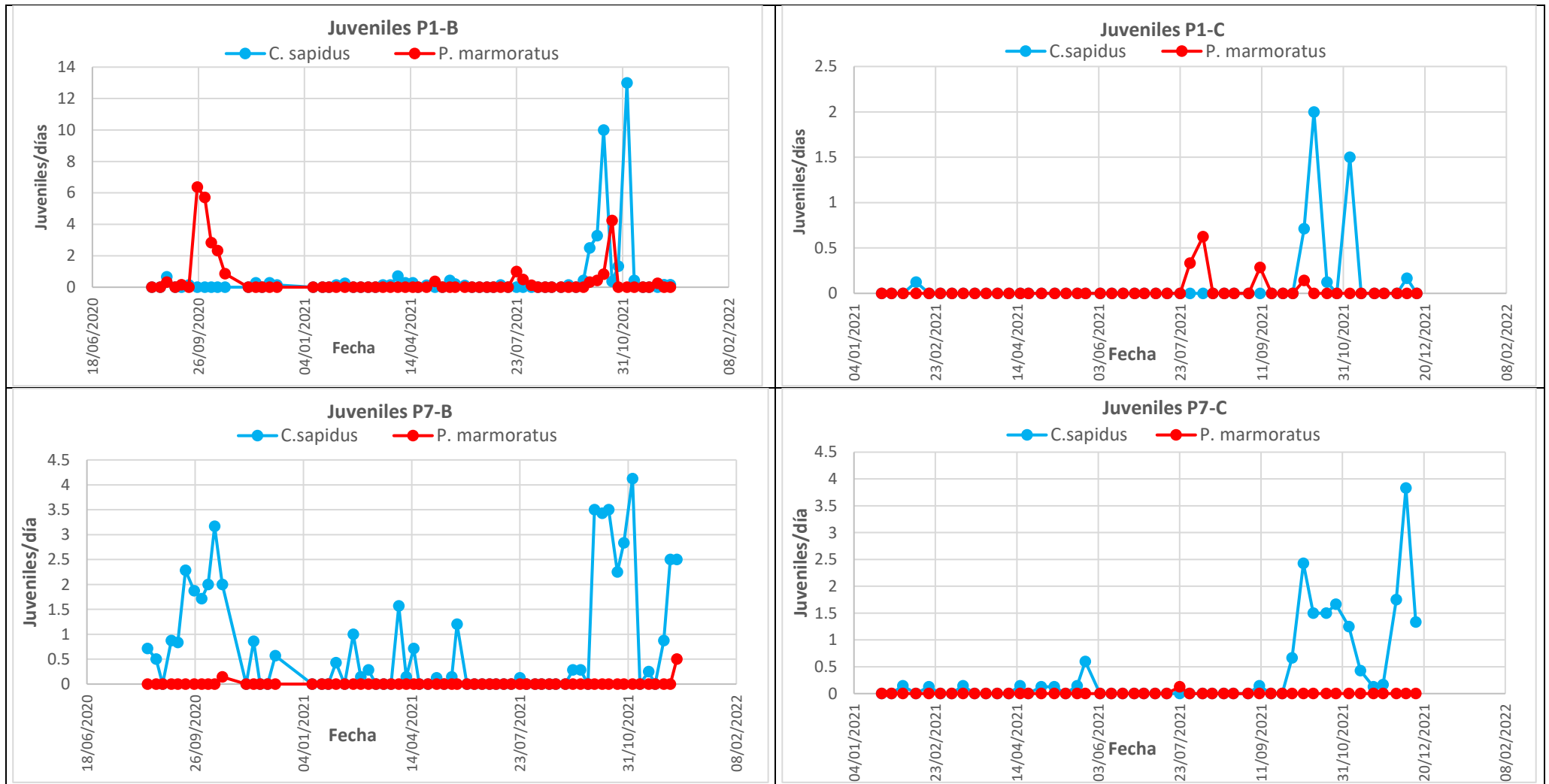


Figura 4.9.: Juveniles de *C. sapidus* y *P. marmoratus* en los puntos situados en el exterior de la gola del Perelló. Fuente: Elaboración propia:

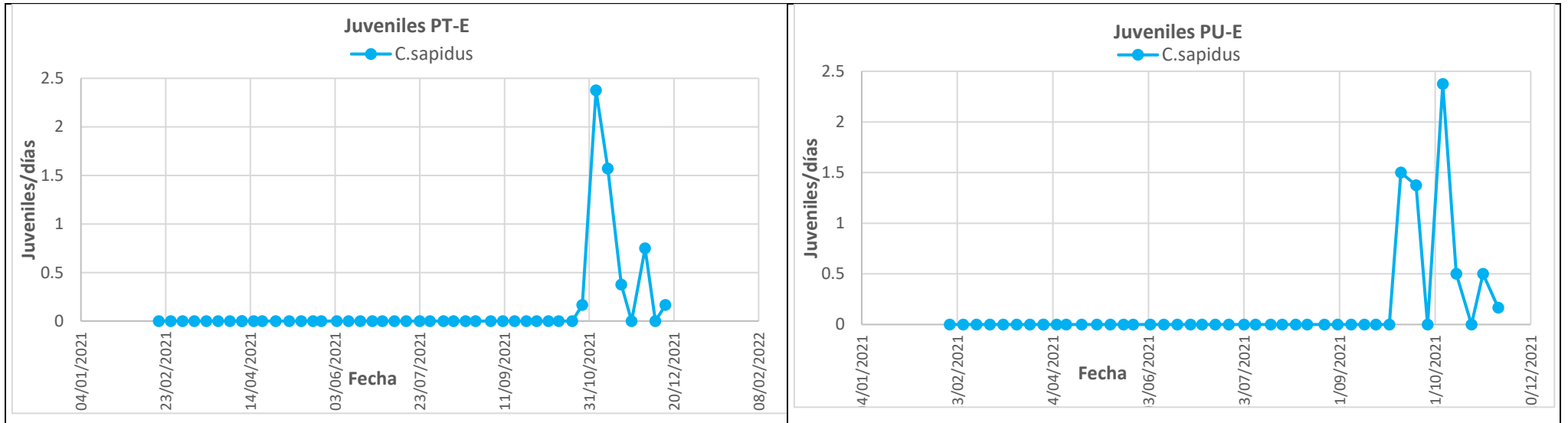


Figura 4.10 Juveniles de *C. sapidus* y *P. marmoratus* en los puntos situados en el exterior de las golas del Perellonet y Pujol. Fuente: Elaboración propia:

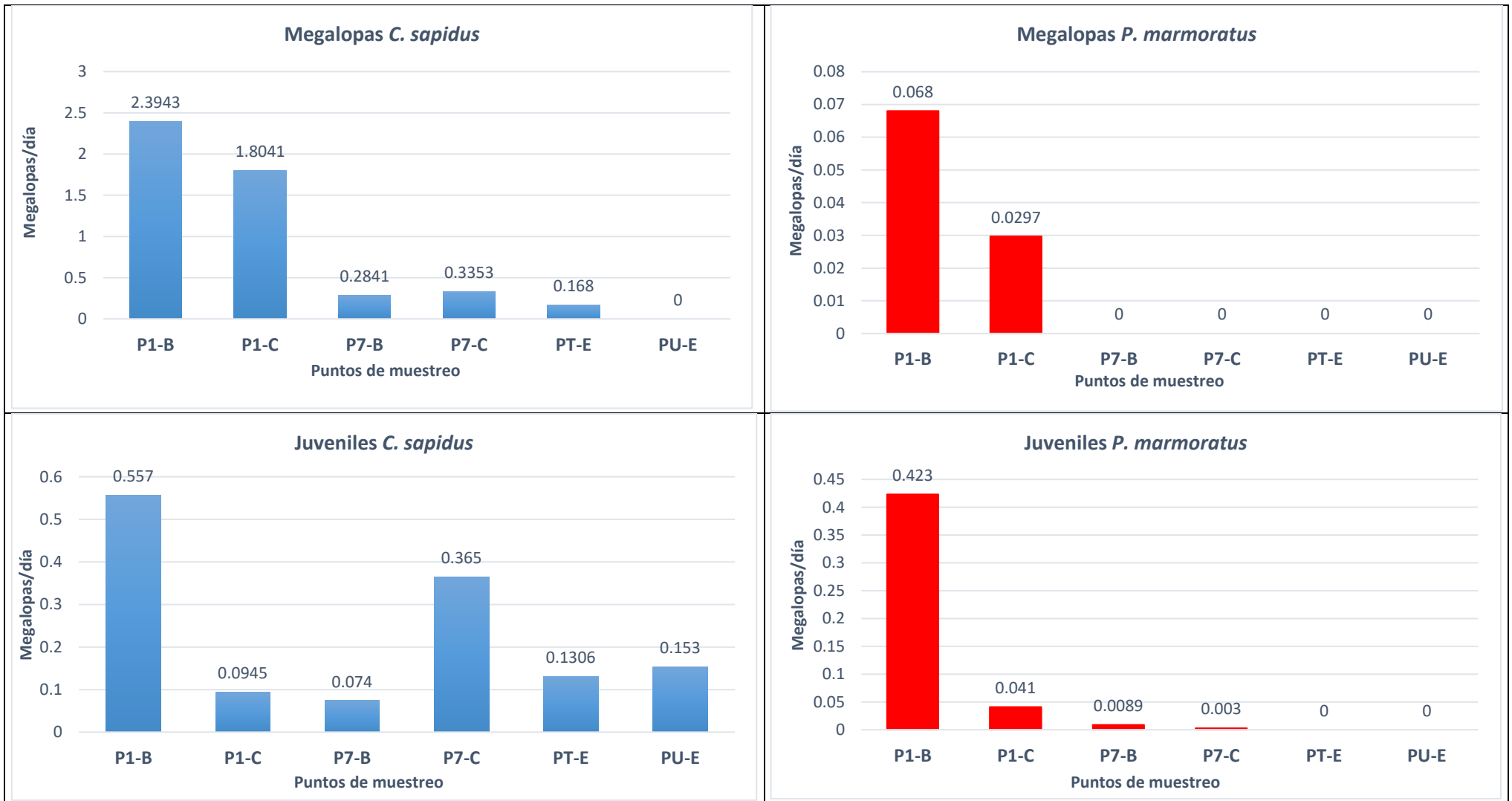


Figura 4.11: : Megalopas y juveniles de *C. sapidus* y *P. marmoratus* recolectados por día de muestreo en los puntos del exterior del muestreo 1. Fuente: Elaboración propia

#### 4.2- Muestreo de menor distribución espacial con réplicas.

Este muestreo se realizó después del mencionado anteriormente . En el anterior se vio que la mayoría de los datos se concentraban en el exterior de las golas de la Albufera, por eso en este segundo solamente se implantaron puntos de muestreo en el exterior de las compuertas de las golas del Perelló, Perellonet y Pujol. Como ya se había comprobado que los organismos se concentraban más en el exterior se quiso profundizar más y se implantaron 5 réplicas por cada uno de los puntos, teniendo en cuenta que hay un punto por cada zona de muestreo dio un total de 15 colectores.

Los datos que primero se van a representar son las variables físico químicas. Se ha realizado una medición por cada zona de muestreo, y esta se ha hecho a un metro de profundidad, ya que es donde se encuentra el colector aproximadamente. Por lo tanto, habrá un único gráfico para cada zona.

Se van a mostrar los gráficos de abundancia de megalopas y juveniles *C. sapidus* y *P. marmoratus*. En estos se va a mostrar el promedio estandarizado de cada día de muestreo y la desviación estándar de cada uno de los promedios. Se han analizado en más profundidad las dos especies ya que en el anterior muestreo se observó que coexisten juntos en la misma época del año y el mismo hábitat.

Luego se van a comprar los picos de megalopas de *C. sapidus* con los picos de salinidad, para poder corroborar lo observado en el anterior análisis, y se hará lo mismo con la influencia de la fase lunar.

A continuación, para ver la influencia de la posición de los colectores se han calculado los organismos recolectados por cada día de muestreo de cada una de las réplicas de las tres zonas.

Finalmente se van a mostrar otras especies de crustáceos que se han encontrado junto *C. sapidus* y *P. marmoratus*.



#### 4.2.1- Propiedades físico-químicas.

Se ha medido la salinidad y la temperatura de las tres zonas de muestreo. Se ha realizado una sola medición por día de muestreo por cada zona de los dos parámetros (Figura 4.12).

La temperatura es un parámetro que cambia menos en el tiempo, dependiendo fundamentalmente del tiempo atmosférico. En las tres zonas se han registrado prácticamente los mismos valores, registrándose mínimas cercanas a los 9°C en el invierno y máximas de 30°C durante el verano.

En cambio la salinidad es diferente dependiendo de la zona. En el Perelló tiene una tendencia muy poco uniforme, con picos y bajadas durante todo el año, sin embargo, en esta zona la salinidad es mucho más elevada que en el Perellonet y Pujol debido a su proximidad al mar y que la conexión con el mar siempre está abierta al puerto del Perelló, por lo que se mantiene un caldo mínimo en la bocana, llegando a valores de 38.

En el Perellonet la salinidad se ha mantenido la mayor parte del año con valores muy bajos cercanos a 1. Sin embargo, se produjo un pico de salinidad del 27/10/2021 al 19/11/2021 con valores de 29.9, 36.6 y 38.3 durante ese periodo de tiempo. Durante el resto del año los valores se mantuvieron cercanos a 1 menos dos picos en mayo y julio donde se llegó a valores de 5 y 10 respectivamente.

Finalmente en Pujol la salinidad ha tenido valores cercanos a 1 en la mayor parte del año, sin embargo durante los meses de abril a julio se produjeron picos de salinidad de 12, 15 y 8. Estos picos que se han producido de manera esporádica en ambas zonas pueden deberse a temporales que han hecho llegar agua del mar a la zona de la gola.

A rasgos generales la zona del Perelló es la que ha registrado los valores más elevados de salinidad. y estos se han registrado durante más ocasiones en el año. Se sabe que la salinidad es un parámetro que influye en la supervivencia de las megalopas (Epifanio, 2019), además, las megalopas ascienden por la columna de agua como respuesta a un aumento brusco de la salinidad (Tankersley *et al.* 2002). Por eso cabría esperar que la zona donde se encuentren más megalopas sea el Perelló.

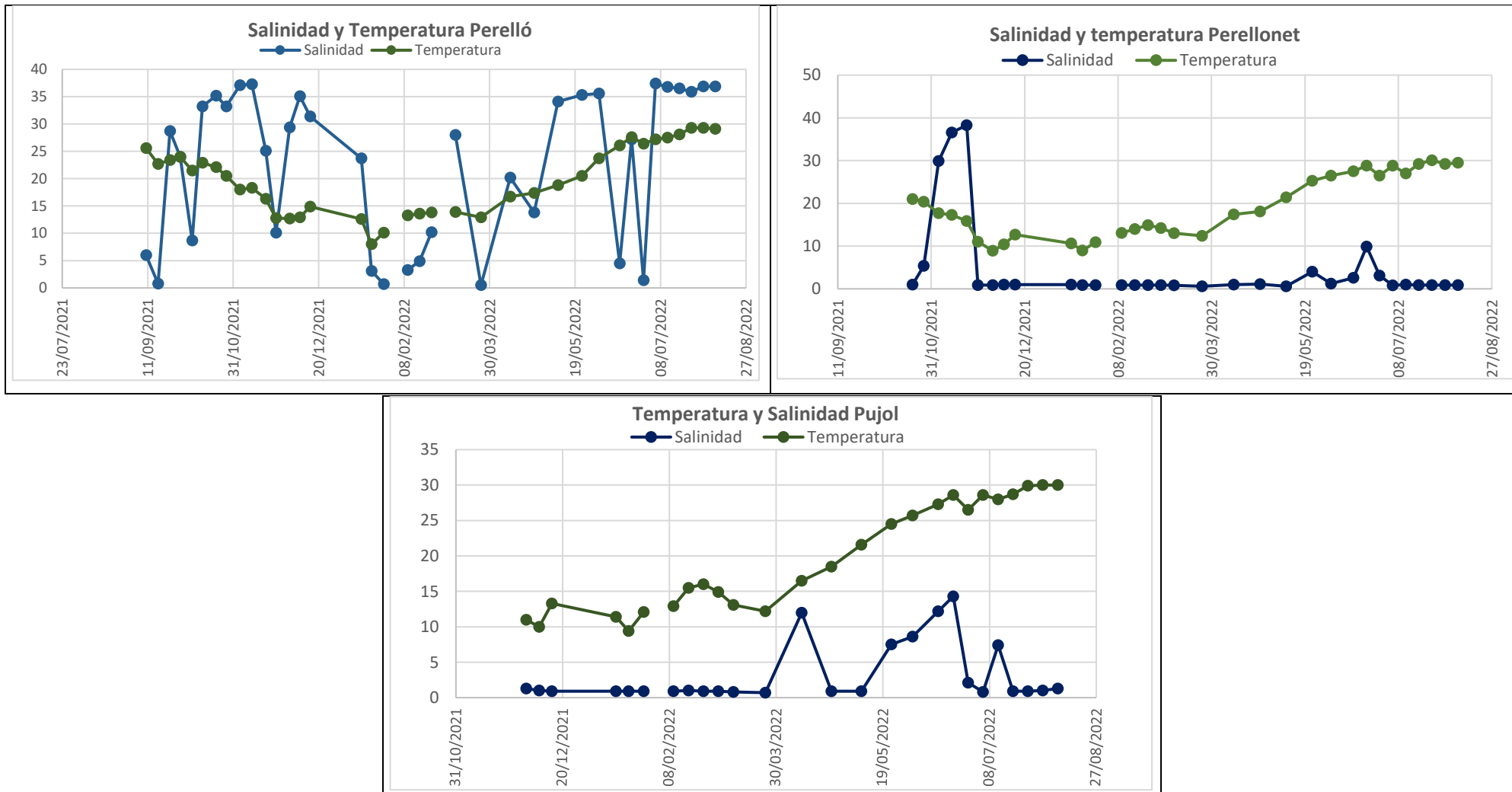


Figura 4.12: Salinidad y temperatura de las tres zonas de muestreo. Fuente Elaboración propia.

#### 4.2.2- Megalopas de *C. sapidus*.

Solamente se han encontrado megalopas en los colectores situados en la zona del Perelló. En las zonas del Perellonet y Pujol no se ha encontrado ninguna, al igual que en el anterior muestreo.

En el gráfico (Figura 4.13) aparecen los promedios de los datos estandarizados de los 5 colectores de esa zona y su desviación estándar, la cual va a indicar si los resultados de los colectores de la misma zona presentan resultados similares o no.

El periodo de asentamiento de megalopas del 2021 empieza el 30/09/2021 y termina el 15/12/2021 y se encontraron un total de 150 megalopas por colector. El pico donde se encontraron el 87% del total comprende desde el 30/09/2021 al 27/10/2021. Esto aparece resumido en la tabla 4.22 del apartado 4.3. En el 2022 no se han registrado datos del periodo de asentamiento de ese año ya que el tratamiento de datos se ha realizado hasta agosto del 2022 y el periodo de asentamiento suele comenzar en los meses de septiembre y octubre.

Respecto a la desviación estándar, esta es muy elevada sobre todo en los picos de megalopas. Esto se debe a que los datos de los colectores de la zona del Perelló registran datos muy dispares entre sí, aunque todos ellos del P-A al P-E se encuentran en el pantalán 1 del club náutico del Perelló. Para poder saber si esto tiene relación con la posición en la que se encuentran los colectores se ha hecho un gráfico (Figura 4.14) donde se representan el promedio de megalopas por día de muestreo de los 5 puntos de la zona.

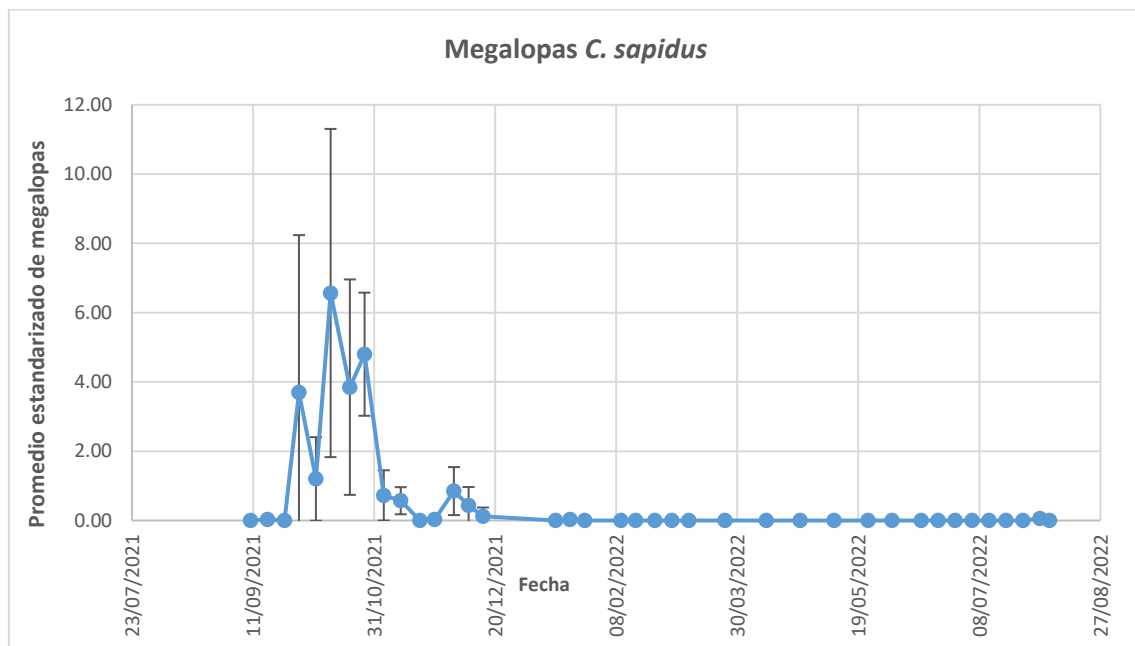


Figura 4.13: Promedio estandarizado y desviación estándar de megalopas de *C. sapidus* en el muestreo 2).  
Fuente: Elaboración propia.

Los puntos P-A, P-B y P-C son los que se encuentran más cerca de la entrada de agua salada del club náutico, y como se puede ver en el gráfico estos presentan un promedio de megalopas mucho mayor que los que se encuentran en la parte de detrás del pantalán (P-D y P-E). Por lo tanto, esto confirma lo mencionado en el muestreo 1), las megalopas de *C. sapidus* se encuentran en los puntos donde la salinidad es más elevada.

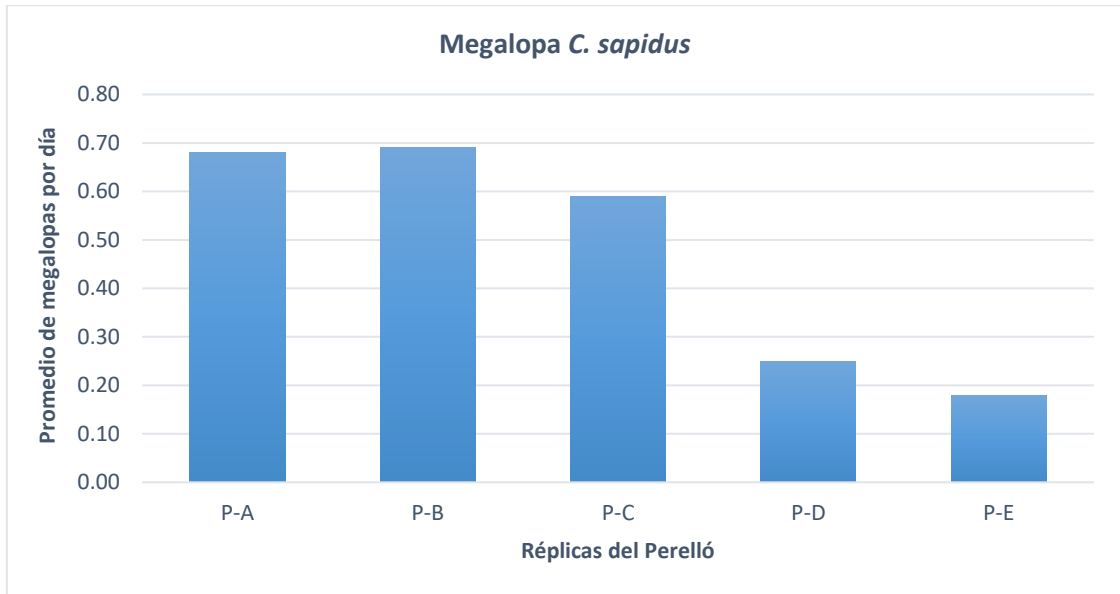


Figura 4.14: Promedio de megalopas por día de muestreo de las 5 réplicas de la zona del Perelló.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2.1: Influencia de la salinidad en la abundancia de megalopas de *C. sapidus*.

Para poder comprobar si los picos de salinidad influyen en la abundancia de megalopas se ha tomado los promedios de las cinco réplicas, no se han estandarizado por el número de días de muestreo, ya que el valor es muy pequeño respecto la salinidad y no se pueden apreciar bien los picos de megalopas. Se ha realizado un gráfico con el promedio de megalopas y los valores de salinidad durante el pico de megalopas de *C. sapidus* en la zona del Perelló (Figura 4.15).

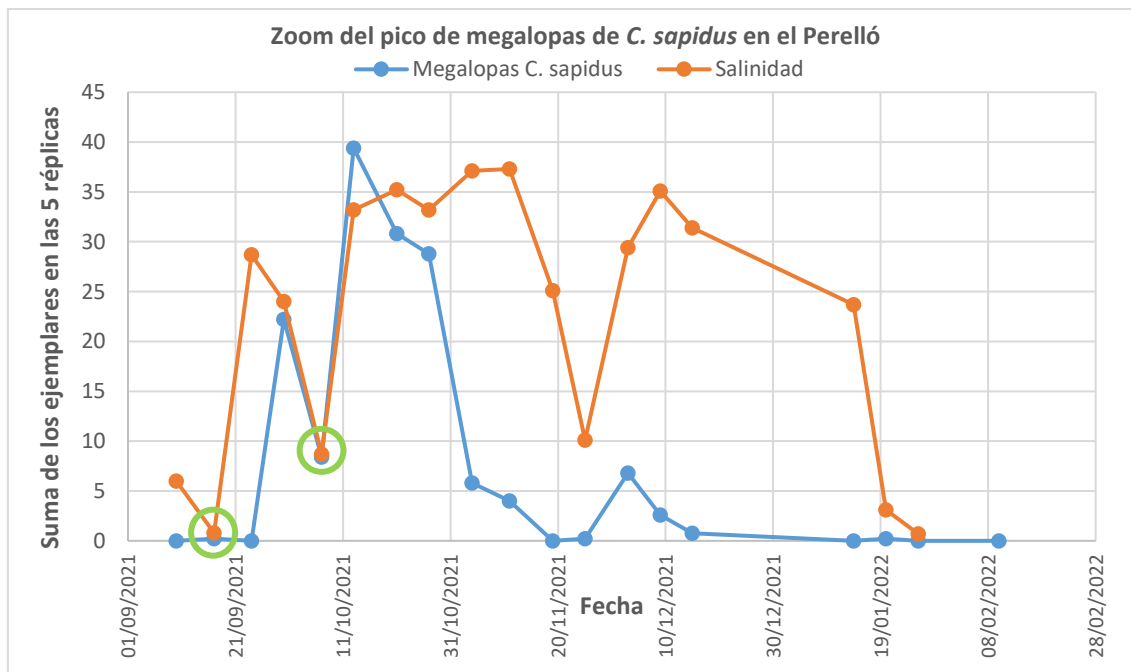


Figura 4.15: Zoom del pico de megalopas de *C. sapidus* en el Perelló con la salinidad.

Durante la semana del 17/09/2021 al 24/09/2021 se produce una subida de 0.8 a 28 . A la semana siguiente de esta subida de la salinidad se comienzan a observar megalopas, pasando de 0 a 22 megalopas de promedio de los 5 colectores. Mas adelante se produce una subida

durante la semana del 07/10/2021 al 13/10/2021, yendo de 8.7 a 33.2 . Justo en la semana del 13/10/2021 se registra el mayor pico de megalopas, con un promedio de 39.4 megalopas.

#### 4.2.2.2: *Influencia de la fase lunar en la abundancia de megalopas de C. sapidus.*

Metcalfe *et al*, (1995) estudió la influencia de la fase lunar en el asentamiento de megalopas y concluyó en que 4 días antes o después de la luna nueva o llena el número de megalopas aumenta.

Esta evidencia solamente la podemos comprobar en el punto situado en el Perelló, ya que es el único que ha registrado datos de megalopas de *C. sapidus*. Durante el mes de septiembre la luna llena fue el día 20, siendo el 24 y el 16 los días críticos. El primer pico que se produjo en el año 2021 fue en septiembre y comenzó el 17/09/2021, coincidiendo con la fecha más cercana a 4 días antes de que se hubiera luna llena.

Seguidamente se produjo otro pico de megalopas durante el mes de noviembre, durante este mes hubo luna llena el día 19 y el pico de megalopas comenzó el 25, siendo el día de muestreo más cercano a 4 días después de la luna llena.

Sin embargo, como ya se ha dicho en el punto 4.1.2.4, esta teoría no se puede determinar en este estudio.

#### 4.2.3- *Megalopas de P. marmoratus.*

Solamente se han encontrado en el punto del Perelló, al igual que en el muestreo de mayor distribución espacial (Figura 4.16). Las megalopas de *P. marmoratus* se solapan con las de *C. sapidus*. Teniendo su periodo de asentamiento del 10/09/2021 al 04/11/2021, pero estas tienen una abundancia menor que *C. sapidus*.

Sin embargo, en el año siguiente las megalopas de *P. marmoratus* aparecieron del 05/07/2022 al 06/08/2022, en este periodo de asentamiento han aparecido antes que las megalopas de *C. sapidus* y no se han solapado las dos especies. No se puede saber si el año anterior aparecieron antes que *C. sapidus*, ya que la serie de datos comenzó en agosto.

Como se puede observar además de estar representado el promedio de las 5 muestras estandarizado, también se indican las desviaciones estándar de cada uno de los promedios . Las desviaciones estándar al igual que las de *C. sapidus* son muy elevadas, indicando que los resultados de las réplicas son dispares entre sí.

Por eso se ha hecho un gráfico de barras en el que aparece el promedio de megalopas por cada día de muestreo de cada una de las réplicas (Figura 4.17). Como se puede ver gran parte de las megalopas se concentran en el punto P-A y P-C, dos de los puntos que se encuentra en la zona del pantalán más cercana al mar. Por lo tanto, tanto megalopas de *C. sapidus* como de *P. marmoratus* se concentran en los puntos cercanos la mar.

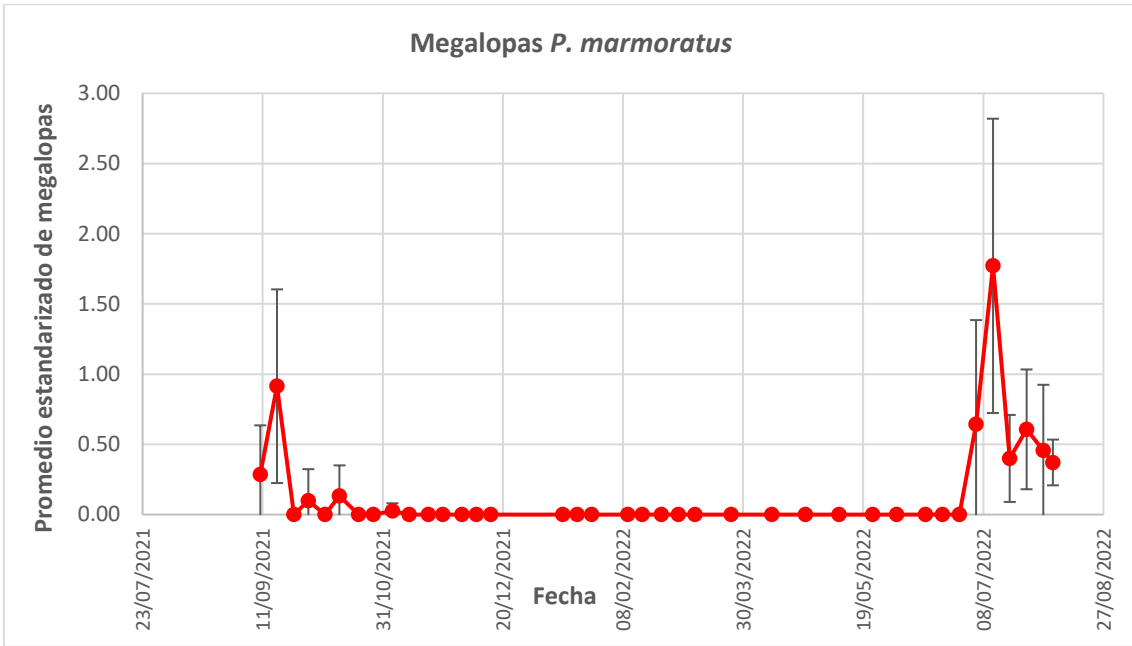


Figura 4.16: Promedio estandarizado y desviación estandarizado de megalopas de *P. marmoratus*. Fuente: Elaboración propia.

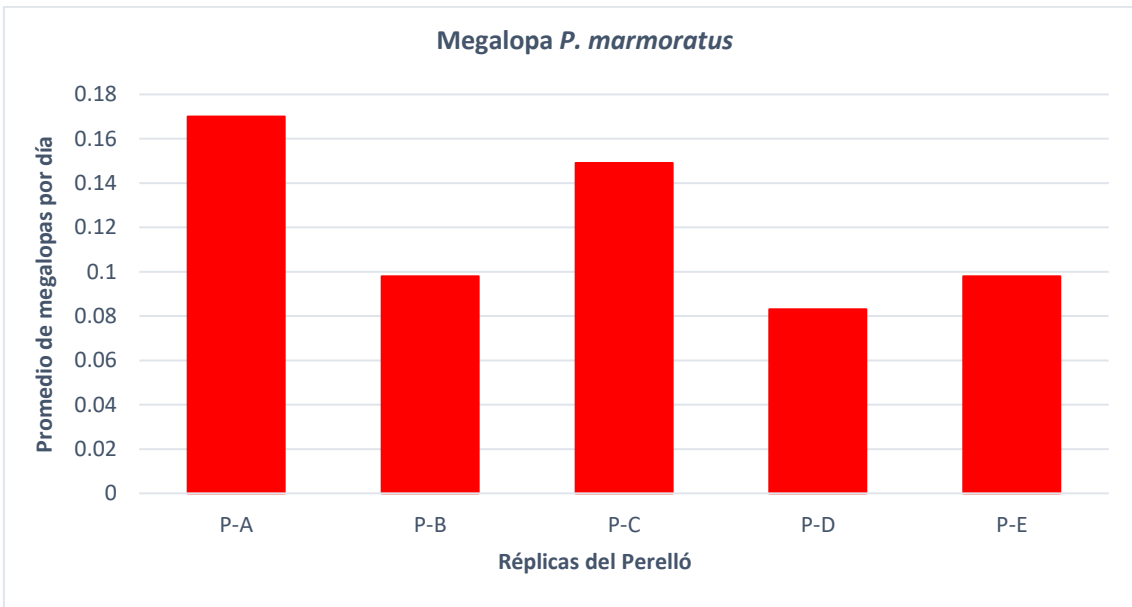


Figura 4.17: Promedio de megalopas por día de muestreo de las réplicas de la zona del Perelló. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4- Juveniles de *C. sapidus*.

Juveniles de *C. sapidus* se han encontrado en las tres zonas de muestreo. Los resultados representados corresponden al promedio de juveniles de las 5 réplicas estandarizado entre los días que ha estado el colector muestreando (Figura 4.18).

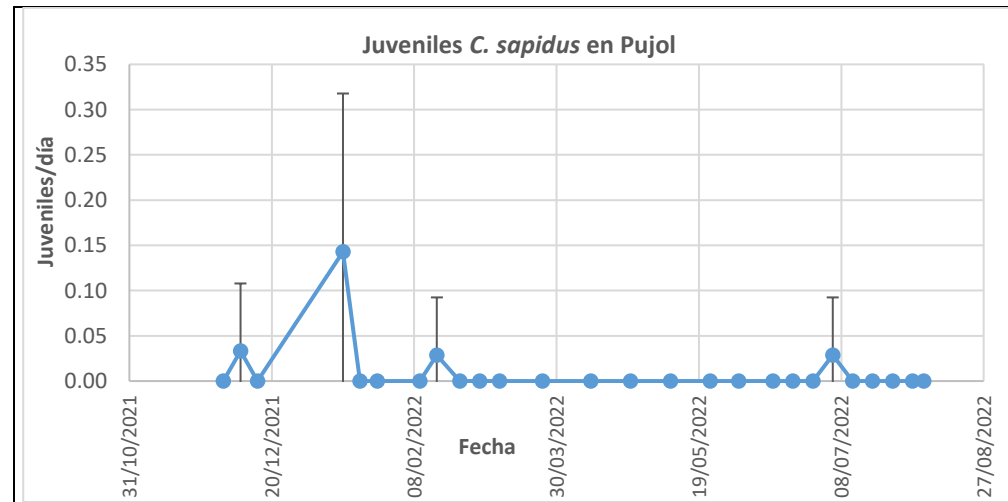
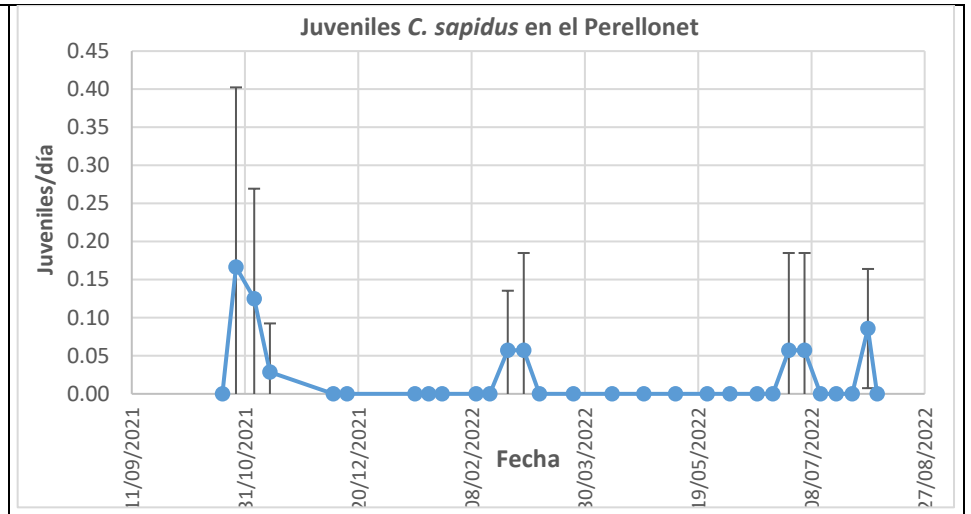
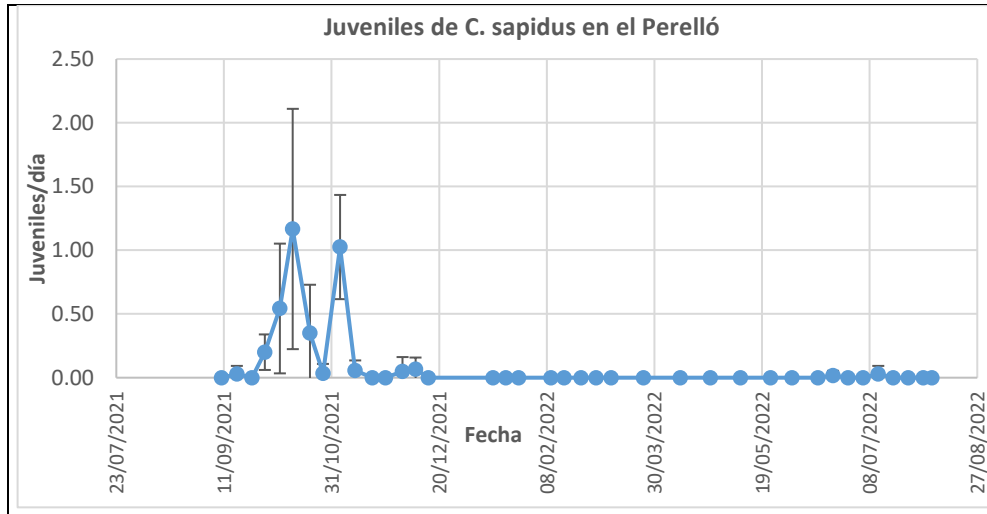
En el Perelló los juveniles se concentraron en un pico que se produjo del 17/09/2021 al 13/12/2021. Este pico comienza justo a la vez que el pico de megalopas, cumpliéndose lo mencionado por Bishop et al. (2010), los juveniles aparecen en el mismo periodo que las megalopas o un poco después. El porcentaje de juveniles encontrados durante el pico de megalopas en el punto del Perelló es del 88%, valor que supera el 68.1% estimado por Bishop et al. (2010). Esto aparece representado en la tabla 4.23 en el apartado 4.3.

En el Perellonet y Pujol se encontraron menos ejemplares de juveniles, pero estos aparecen más repartidos durante todo el año y no concentrados en un solo periodo como el Perelló. En estas zonas no se ha podido comprobar si coexisten con megalopas, ya que no se han encontrado en ninguna de las dos zonas.

Además de representarse los promedios estandarizados de juveniles, también en los gráficos aparecen las desviaciones estándar de los promedios. Como se puede ver las desviaciones de los promedios son muy elevadas, significando que los resultados son dispares entre sí.

Para poder observar si esta diferencia de abundancia en los colectores es debido a la posición de los colectores, se han realizado unos gráficos de barras, donde aparece el promedio de juveniles capturados en cada una de las réplicas de las 3 zonas (Figura 4.19). Los colectores que se encuentran en el Perellonet y Pujol se encuentran en cadena, siendo el A el más alejado del mar y el E el más cercano.

Como se puede observar, en la zona del Perelló aun que se hayan encontrado más ejemplares en los tres puntos más cercanos al mar, la diferencia de abundancia de estos y los dos más alejados es menos evidente que en el caso de las megalopas. En las réplicas del Perellonet y Pujol no se puede ver una clara correlación entre la abundancia y la posición de los colectores, esto puede deberse a que las condiciones ambientales de ellos son muy similares entre sí.



4.18: Promedio estandarizado de juveniles colectados en las réplicas en las zonas del Perelló, Perellonet y Pujol. Fuente: Elaboración propia.



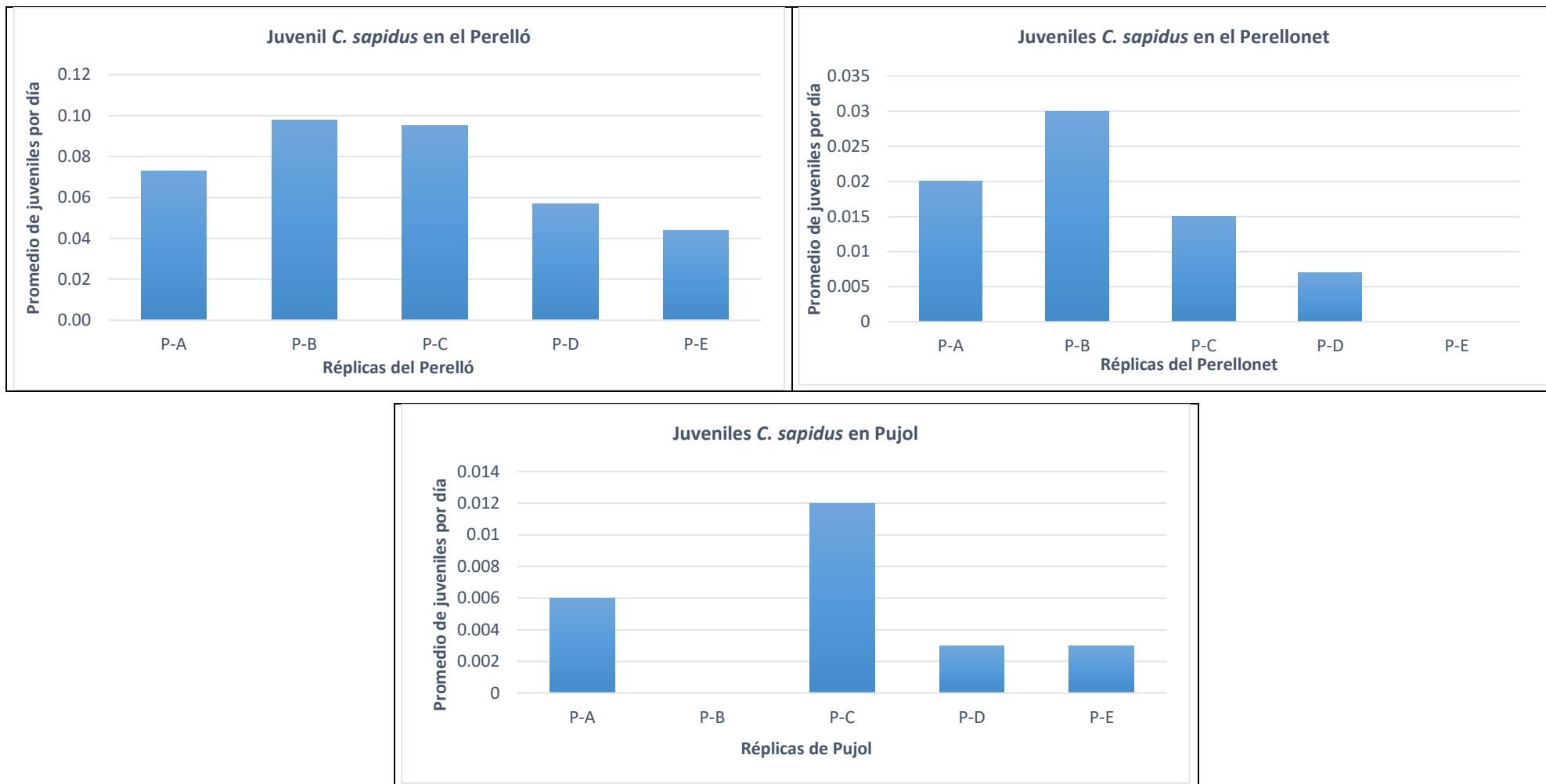


Figura 4.19: Promedio de juveniles recolectados por día de muestreo en las 5 réplicas de la zona del Perelló, Perellonet y Pujol. Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.5- Juveniles de *P. marmoratus*.

En el muestreo de mayor distribución espacial pero sin réplicas se vio que juveniles de *C. sapidus* y *P. marmoratus* pueden coexistir en el mismo hábitat y época del año. Por eso se han hecho unos gráficos como los realizados para los juveniles de *C. sapidus*, donde aparece el promedio estandarizado de las 5 réplicas de las zonas y las desviaciones estándar de los promedios (Figura 4.20).

Juveniles de *P. marmoratus* solamente se han encontrado en el Perelló y en el Perellonet, siendo los datos del Perellonet muy escasos. Como ya se ha mencionado en el primer muestreo, los juveniles de *P. marmoratus* parecen tener una menor adaptabilidad, ya que solamente aparecieron en los puntos situados en el Perelló.

El pico de *P. marmoratus* se produjo del 10/09/2021 al 04/11/2021 coincidiendo con el pico de *C. sapidus* del 17/09/2021 al 09/12/2021. Por lo tanto, ocurre como en el anterior muestreo, pueden coexistir en el mismo hábitat y época del año. Sin embargo, en el pico del año siguiente ambas especies no coincidieron, apareciendo antes *P. marmoratus*, el pico se produjo del 05/07/2022 al 06/08/2022, dos meses antes respecto del año anterior. Por lo tanto, ambas especies pueden coexistir, pero no siempre lo hacen.

Como se puede ver las desviaciones estándar de los promedios son muy elevadas, siendo los datos de las réplicas muy dispares entre sí. Por eso se han hecho unos gráficos de barras donde aparecen los promedios de los juveniles capturados por cada día de muestreo de las réplicas del Perelló y Perellonet (Figura 4.20). De esta manera se puede ver si esta diferencia se debe a la posición de los colectores. En el caso del Perellonet al tratarse de un solo pico la tendencia puede no ser fiable, los ejemplares se han concentrado en los puntos PT-C, PT-D y PT-E, siendo estos los más cercanos al mar. Sin embargo, en los puntos del Perelló no se ha visto una clara correlación, en todos los puntos se han encontrado varios ejemplares independientemente si se encuentran más cerca o lejos del mar.

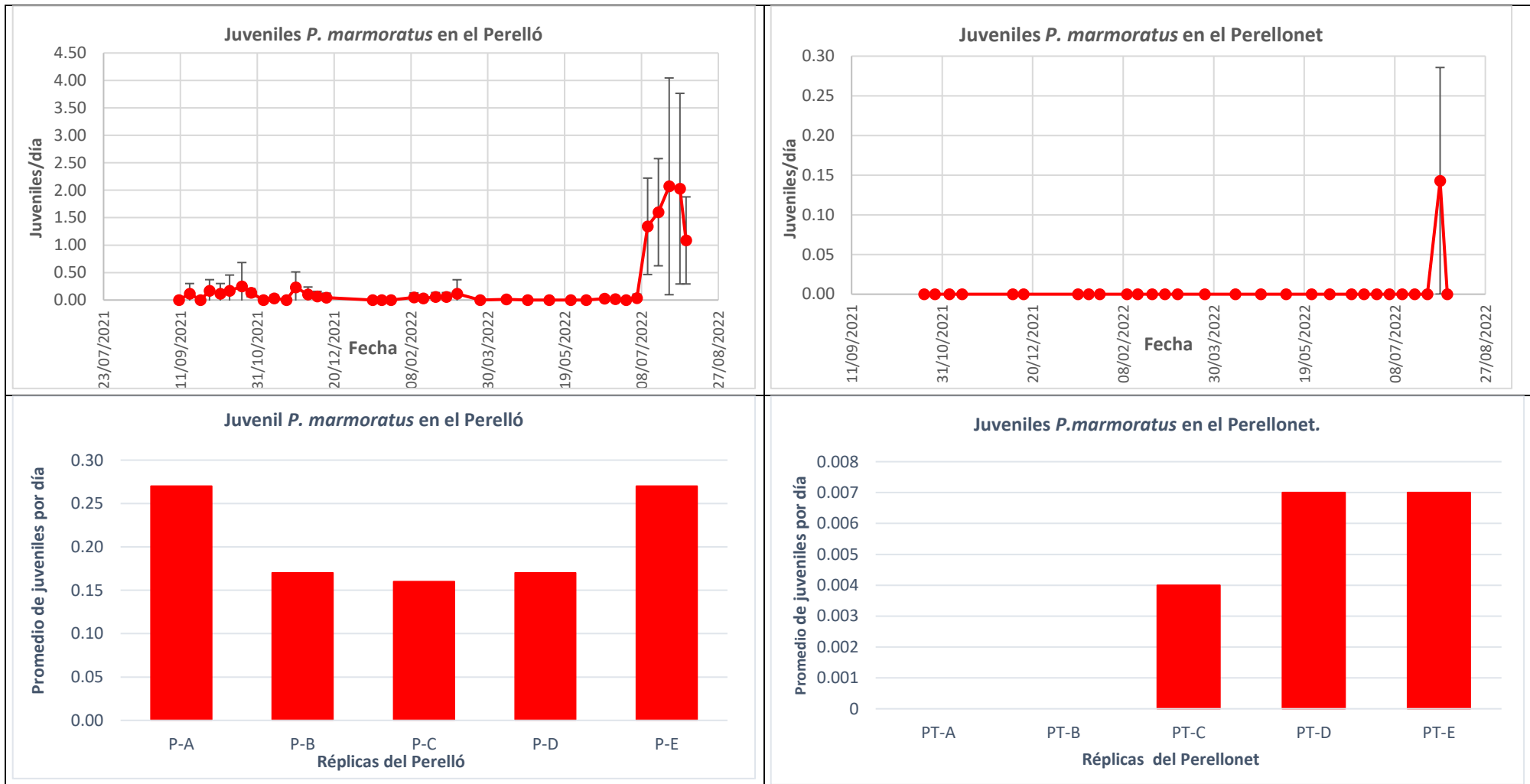


Figura 4.20: Promedio estandarizado de las 5 réplicas del Perelló y Perellonet con su desviación estándar y promedio de juveniles por día de muestreo de cada réplica.

#### 4.2.6- Fauna acompañante.

Además de identificar ejemplares de *C. sapidus* y *P. marmoratus* también se encontraron otras especies de cangrejo en los colectores. Se ha tratado de identificar hasta el nivel taxonómico mas bajo posible ya que estas especies también parecen coexistir con ambas especies de interés. De algunas de ellas se ha podido clasificar taxonomicamente hasta su familia y otras hasta la especie . Las que se han encontrado de manera mas habitual se encuentran en la siguiente figura (Figura 4.21).



Figura 4.21: Imágenes de la fauna acompañante. De arriba abajo y de izquierda a derecha: Perteneciente a la familia Portunidae, *Brachynotus sexdentatus*, *Xantho poressa*, *Pisidia longimana*. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3- Resumen de los datos de megalopas y juveniles.

En esta sección se han agrupado en tablas los resultados de megalopas y juveniles de los muestreos de mayor y menor distribución espacial.

En la tabla 4.22 aparecen los datos más significativos de megalopas (periodo de asentamiento, total de megalopas, pico y porcentaje de megalopas encontradas en el pico), de todos los puntos de muestreo donde se han encontrado megalopas.

En la tabla 4.23 aparece representado el porcentaje de juveniles encontrados en el pico de megalopas.

Tabla 4.22: Resumen de los datos de megalopas del muestreo de menor y mayor distribución espacial. Fuente: Elaboración propia:

Puntos	2020				2021			
	Periodo de asentamiento (dd/mm-dd/mm)	Total de megalopas (individuos)	Pico (dd/mm-dd/mm)	Pico/Total *100 (%)	Periodo de asentamiento (dd/mm-dd/mm)	Total de megalopas (individuos)	Pico (dd/mm-dd/mm)	Pico/Total *100 (%)
<b>P1-B</b>	13/08-19/11	200	17/09-02/10	97.5	10/09-15/12	887	30/09-21/10	99.4
<b>P7-B</b>	13/08-18/10	96	1-13/08-27/08 2-25/09-08/10	1-26 2-74	24/09-19/11	33	24/09-27/10	97
<b>P1-C</b>	-	-	-	-	19/08-09/12	608	24/09-19/11	98
<b>P7-C</b>	-	-	-	-	10/09-15/12	113	05/19-04/11	97
<b>ECESIS Perelló</b>	-	-	-	-	30/09-15/12	150	30/09-27/10	87

Tabla 4.23 Porcentaje de juveniles encontrados en el pico de megalopas de los puntos del muestreo de mayor y menor distribución espacial. Fuente: Elaboración propia:

Puntos	2020			2021		
	Total juveniles (individuos)	Total juveniles durante el pico de megalopas.(individuos)	% de juveniles encontrados en el pico	Total juveniles (individuos)	Total juveniles durante el pico de megalopas.(individuos)	% de juveniles encontrados en el pico
<b>P1-B</b>	10	1	10	243	216	88.8
<b>P7-B</b>	119	48	40.33	217	134	62
<b>P1-C</b>	-	-	-	31	30	96
<b>P7-C</b>	-	-	-	123	86	69.9
<b>ECESIS Perelló</b>	-	-	-	25	22	88
<b>Promedio</b>	<b>2020</b>		<b>25.33</b>	<b>2021</b>		<b>80.9</b>

## 5- CONCLUSIONES

- El periodo donde se han encontrado la mayoría de megalopas de *C. sapidus* es de agosto a mediados de diciembre.
- Antes de producirse los grandes picos de megalopas de *C. sapidus* en muchas ocasiones ha ido precedido de una subida repentina de la salinidad
- Los grandes picos de megalopas de *C. sapidus* en ocasiones se han encontrado cerca de la luna llena o la luna nueva. Sin embargo, esta teoría no se puede determinar en este estudio, ya que el mar Mediterráneo es micromareal y la influencia de las mareas es menor a la del océano Atlántico, donde se observó esta pauta.
- El 80.9 % de los juveniles se han encontrado durante los picos de megalopas.
- Megalopas de *C. sapidus* y *P. marmoratus* pueden coexistir en el mismo hábitat y época del año . Sin embargo, *P. marmoratus* parece tener una menor adaptabilidad, ya que solamente se ha encontrado en los puntos más cercanos al mar en el Perelló.
- Megalopas de *C. sapidus* y *P. marmoratus* se han encontrado mayoritariamente en los colectores situados en el pantalán más cercano al mar en el muestreo 1) y en el caso del muestreo 2) en los puntos P-A, P-B y P-C, los situados en la parte central del pantalán 1.
- Los juveniles de *C. sapidus* no tienen una correlación clara entre la abundancia y la posición del colector. Sin embargo, los juveniles de *P. marmoratus* requieren de condiciones más específicas físico químicas o ambientales y se han encontrado acumulados en los colectores más cercanos al mar.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- 1- Biermann, J. L., E. W. North & W. C. Boicourt. 2016. "The distribution of blue crab (*Callinectes sapidus*) megalopae at the mouths of Chesapeake and Delaware Bays: implications for larval ingress". *Estuar. Coast. Shelf Sci.* vol. 9, p. 201–217.
- 2- Bishop, T. D., Miller, H. L., Walker, R. L., Hurley, D. H., Menken, T., & Tilburg, C. E. (2010). "Blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) settlement at three Georgia (USA) estuarine sites". *Estuaries and coasts*, Vol. 33, issue 3, p. 688-698.
- 3- Costa, M., & Mansanet, J. M. (1980). "Los ecosistemas dunares levantinos: la Dehesa de la Albufera de Valencia". *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, Real Jardín Botánico. Vol. 37, No. 2, p. 277-299.
- 4- Campos Williams L. N & Fagoth W. R (2018). *Diagnóstico de las etapas de desarrollo de la Jaiba Azul Callinectes sapidus y Jaiba Roja Callinectes bocourti en la laguna de Bluefields como base para el establecimiento de veda* (Tesis doctoral). Bluefields Indian y Caribbean University.
- 5- Doherty, P.J. (1987) "Light traps: selective but useful devices for quantifying the distributions and abundances of larval fishes". *Bulletin Marine Science*, vol. 41, issue 2, p. 423–431.
- 6- Edwards, R.V. 2005. *Pachygrapsus marmoratus* Marbled rock crab. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [cited 07-09-2022]. Available from: <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1978>
- 7- Enzenroß R, Enzenroß L, Bingel F (1997). "Occurrence of blue crab, *Callinectes sapidus* (Rathbun 1896) (Crustacea, Brachyura) on the Turkish Mediterranean and the adjacent coast and its size distribution in the Bay of Üskenderun". *Turk J Zoo*, vol. 21, p.113–122
- 8- Epifanio, C. E. (2019). "Early life history of the blue crab *Callinectes sapidus*: a review". *Journal of Shellfish Research*, vol. 38 issue. 1, p. 1-22.
- 9- Forward Jr, R. B., Cohen, J. H., Irvine, R. D., Lax, J. L., Mitchell, R., Schick, A. M., ... & Venezia, J. I. (2004). "Settlement of blue crab *Callinectes sapidus* megalopae in a North Carolina estuary". *Marine Ecology Progress Series*, vol. 269, p. 237-247.
- 10- Galil B.S, Clark P.F, Carlton J.T. (Eds.), "Alien Marine Crustaceans: Distribution, Biology and Impacts" *In the Wrong Place Springer*, Netherlands (2011), p. 607-624
- 11- García Sanz, S. (2010). *Colectores artificiales para el estudio de los patrones de colonización de organismos bentónicos: de su selección y optimización a la cuantificación de patrones espacio-temporales de colonización* (Tesis de master). Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

- 12- Heck Jr, K. L., & Coen, L. D. (1995). "Predation and the abundance of juvenile blue crabs: a comparison of selected east and gulf coast (USA) studies". *Bulletin of Marine Science*, vol. 57 issue 3, p. 877-883.
- 13- Heck Jr, K. L., Coen, L. D., & Morgan, S. G. (2001). "Pre-and post-settlement factors as determinants of juvenile blue crab *Callinectes sapidus* abundance: results from the north-central Gulf of Mexico". *Marine Ecology Progress Series*, vol. 222, p. 163-176.
- 14- Hasek, B. E., & Rabalais, N. N. (2001). "Settlement patterns of brachyuran megalopae in a Louisiana estuary". *Estuaries*, vol. 24, issue 6, p. 796-807.
- 15- Irving, A.D., Tanner, J.E. and McDonald, B.K. (2007) Priority effects on faunal assemblages within artificial seagrass. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 340, p. 40-49.
- 16- Kaufman, L., Ebersole, J., Beets, J. and McLvor C.C. (1992) "A key phase In the recruitment dynamics of coral reef fishes: post-settlement transition". *Environ B101 Fishes*, vol 34, p. 109-118.
- 17- Mancinelli, G., Chainho, P., Cilenti, L., Falco, S., Kapiris, K., Katselis, G., & Ribeiro, F. (2017). "The Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* in southern European coastal waters: Distribution, impact and prospective invasion management strategies". *Marine pollution bulletin*, vol. 119, issue. 1, p. 5-11.
- 18- Metcalf, K. S., Van Montfrans, J., Lipcius, R. N., & Orth, R. J. (1995). "Settlement indices for blue crab megalopae in the York River, Virginia: temporal relationships and statistical efficiency". *Bulletin of Marine Science*, vol. 57 issue. 3, p.
- 19- Milicich, M.J., Meekan, M.G., and Doherty, P.J. (1992) "Larval supply: a good predictor of recruitment of three species of reef fish (Pomacentridae)." *Marine Ecology Progress Series*, 86: 153–166
- 20- Mocholí Soriano, V. (2017). *Abundancia y estructura de tallas de la población de cangrejo atlántico azul (Callinectes sapidus) en la Albufera de Valencia*. Trabajo Final de Carrera. Valencia: Universitat Politècnica de València.  
<<https://riunet.upv.es/handle/10251/97526> > [Consulta: 22 Julio 2022]
- 21- Morales, J. A. (2019). *The Spanish Coastal Systems*. Springer. España.
- 22- Morgan, S. G., Zimmer-Faust, R. K., Heck Jr, K. L., & Coen, L. D. (1996). "Population regulation of blue crabs *Callinectes sapidus* in the northern Gulf of Mexico: postlarval supply". *Marine Ecology Progress Series*, vol 133, p. 73-88.
- 23- Nakamura, Y., Horinouchi, M., Nakai, T. and Sano, M. (2003) "Food habits of fishes in a seagrass bed on a fringing coral reef at Iriomote Island, southern Japan". *Ichthyological Research*, vol. 50, p. 15-22
- 24- Navarro García, P. (2021). *Diferentes estadios de desarrollo de Callinectes sapidus en las golos de la Albufera de Valencia*. Trabajo final de carrera. Valencia: Universitat



- Politécnica de València. < <https://riunet.upv.es/handle/10251/174873>> [Consulta: 31 de Julio 2022]
- 25- Nehring, S. (2011). "Invasion history and success of the American blue crab *Callinectes sapidus* in European and adjacent waters". In *the wrong place-alien marine crustaceans: distribution, biology and impacts*. Springer, Dordrecht p. 607-624.
- 26- Olivert Àngel, J. (2018). *Situación y problemática de la introducción del cangrejo azul (Callinectes sapidus) en la Comunidad Valenciana*. Trabajo final de carrera. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia. <<https://riunet.upv.es/handle/10251/108994>> [Consulta: 22 Julio 2022].
- 27- Palomares, M.L.D. and D. Pauly. Editors. 2018. SeaLifeBase. *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1787)  
<https://www.sealifebase.ca/summary/Pachygrapsus-marmoratus.html>
- 28- Pardo, L. M., Cardyn, C. S., Mora, P., & Wahle, R. A. (2010). "A new passive collector to assess settlement rates, substrate selection and predation pressure in decapod crustacean larvae". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 393 issue. (1-2), p. 100-105.
- 29- Rabalais, N. N., Burditt Jr, R. F., Coen, L. D., Cole, B. E., Eleuterius, C., Heck Jr, K. L., ... & Zimmerman, R. J. (1995). "Settlement of *Callinectes sapidus* megalopae on artificial collectors in four Gulf of Mexico estuaries". *Bulletin of Marine Science*, vol. 57, issue 3, p. 855-876.
- 30- Sanjaume, E., Segura, F., Lopez, M., & Pardo, J. (1992). Tasas de sedimentacion en l'Albufera de Valencia. *Cuadernos de Geografia*(51), 63-81.
- 31- Sandoz, M., & Rogers, R. (1944). "The effect of environmental factors on hatching, moulting, and survival of zoea larvae of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun". *Ecology*, vol. 25, issue 2, p. 216-228.
- 32- Sogard, S.M. (1989) Colonization of artificial seagrass by fishes and decapod crustaceans: importance of proximity to natural eelgrass. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol.133. p. 15–37.
- 33- Stuck, K., Perry, H., Graham, D., & Heard, R. W. (2009). "Morphological characteristics of early life history stages of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, from the northern Gulf of Mexico with a comparison of studies from the Atlantic seaboard". *Gulf and Caribbean Research*, vol. 21, issue. 1, p. 37-55.
- 34- Tankersley, R. A., Welch, J. M., & Forward, R. B. (2002). "Settlement times of blue crab (*Callinectes sapidus*) megalopae during flood-tide transport". *Marine Biology*, vol.141 issue. 5, p. 863-875.

- 35- Upston, J. and Booth, D.J. (2003) "Settlement and density of juvenile fish assemblages in natural, *Zostera capricorni* (Zosteraceae) and artificial seagrass beds." *Environmental Biology of Fishes*, vol. 66, p. 91-97
- 36- van Montfrans, J., Peery, C. A., & Orth, R. J. (1990). "Daily, monthly and annual settlement patterns by *Callinectes sapidus* and *Neopanope sayi* megalopae on artificial collectors deployed in the York River", Virginia: 1985–1988. *Bulletin of Marine Science*, vol. 46 issue. 1, p. 214-229.
- 37- Virnstein, R.W. and Curran, M.C. (1986) "Colonization of artificial seagrass versus time and distance from source." *Marine Ecology Progress Series*, 29, p. 279–288.