

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Máster en Eval. Amb. Ecosistemas Marins i Costers



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

Abundancia y uso del hábitat del cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) en la Albufera de Valencia

TRABAJO FINAL DE MASTER

Autor:

Vicent Mocholi Soriano

Tutor:

Silvia Laura Falco Giaccaglia

Miguel Rodilla Alamá

GANDIA, 2020

AGRADECIMIENTOS

A Silvia y Miguel por toda la ayuda y consejos, y la paciencia que han tenido con mis peleas con la redacción.

A los miembros de la Comunidad de Pescadores del Palmar por su colaboración, en especial a Jose Vicente e Ignacio que estaban allí para lo que hiciera falta.

Al Club Náutico del Perelló por facilitar el acceso para los muestreos, y tener allí al tío Vicent y Mario pendientes de las trampas.

A los Boyos, Paco y Juan, y a mi tío Miguel por dejar que colocara las trampas al lado los barcos y que nunca me faltara cebo para las trampas. Y al so Milio por pescar tantos cangrejos y estar pendiente de mi.

A Alberto y nuestro Erasmus Rafa, por su ayuda a la hora de los muestreos y todo el tiempo que hemos hablado de este trabajo. Siempre se agradecía su compañía aunque no sepan llevar una barca.

ÍNDICE

RESUMEN.....	0
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 DESCRIPCIÓN.....	1
1.2 HÁBITAT	2
1.3 REPRODUCCIÓN	3
1.4 ALIMENTACIÓN.....	5
1.5 IMPACTO	6
2. OBJETIVOS	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
3.1 ZONA DE ESTUDIO.....	8
3.1.1 BIODIVERSIDAD.....	8
3.1.2 ZONAS DE MUESTREO	9
3.2 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.....	11
3.3 ANÁLISIS DE DATOS	14
4. RESULTADOS	17
4.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS ESTUDIADAS	17
4.2 ESTRUCTURA POBLACIÓN.....	17
4.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL.....	19
4.4 ABUNDANCIA	23
4.4.1 CPUE	23
4.4.2 CAPTURA-RECAPTURA	25
4.5 MOVIMIENTO.....	26
4.6 ESTADIOS LARVARIOS Y JUVENILES.....	29
5. DISCUSIÓN.....	32
5.1 ABUNDANCIA	32
5.2 USO DE HÁBITAT.....	34
5.3 PROPUESTAS DE GESTIÓN	36
6. CONCLUSIONES.....	38
7. BIBLIOGRAFÍA.....	39

RESUMEN

Callinectes sapidus (Rathbun 1896), es un voraz crustáceo originario de las costas occidentales del Océano Atlántico, que se ha establecido en distintos lugares del mundo como especie invasora. El objetivo de estudio es estimar la abundancia y su distribución en diferentes hábitats en el Parque Natural de la Albufera de Valencia. Para ello se realizaron muestreos en 3 zonas entre mayo y octubre y se utilizaron técnicas como el marcaje-recaptura, utilizando el modelo Jolly-Seber, y la CPUE. Se encontraron diferencias en la proporción de sexos y tamaños en las diferentes zonas de muestreo así como una diferente distribución a lo largo del periodo de estudio debido a causa de la migración de las hembras al mar para desovar y la permanencia de los machos en aguas menos salinas. En la zona del Perelló se obtuvo una densidad media de 0,03 ind/m², dando resultados similares a los de su zona nativa, y la abundancia temporal fluctuó principalmente a causa de la migración y no debido de la intensa actividad pesquera que se registró en el periodo de estudio. En el mes de octubre se encontraron en la Gola del Perelló megalopas y juveniles de esta especie, probablemente proviniendo de las hembras registradas en esta zona a finales del mes de junio.

Palabras clave: especie invasora, cangrejo azul, jaiba, abundancia poblacional, recaptura, migración, estadios larvarios

ABSTRACT

Callinectes sapidus (Rathbun 1896), is a voracious crustacean native from the western coasts of the Atlantic Ocean, which has established in different parts of the world as an invasive species. The study objective is to estimate abundance and distribution in different habitats in the Albufera of Valencia Natural Park. To do that, samplings were carried out in 3 zones between May and October, and techniques like marking-recapture, using the Jolly-Seber model, and the CPUE were used. Differences were found in the proportion of sexes and sizes at different sampling areas as well as a different distribution along the study period due to the migration of females to the sea to spawn and the permanence of males in less salinity waters. An average density of 0,03 ind/m² was obtained in the Perelló area, getting similar results than its native zone, and temporal abundance fluctuated mainly due to migration and not because intense fishing activity that was recorded at the study period. In October megalopae and juvenile of this species were found at the Perelló Gola, probably coming from the females registered in this area at the end of June.

Keywords: invasive species, blue crab, jaiba, population abundance, recapture, migration, larval stages

1. INTRODUCCIÓN

El cangrejo azul o jaiba, *Callinectes sapidus*, Rathburn (1896), es un crustáceo decápodo de la familia Portunidae nativo de la costa occidental del Atlántico, desde Nueva Escocia hasta Argentina incluyendo todo el Caribe (Tavares, 2002; Nehring, 2011), donde es un importante producto de la pesca local y un elemento clave en la cadena trófica bentónica (Hines *et al.*, 1987). Esta especie vive alrededor de 3 años y su ciclo de vida consta de 5 fases (Hines, *et al.*, 1987), en su fase adulta destaca por su color azulado pudiendo alcanzar hasta 250 mm de anchura de caparazón y presenta un destacable dimorfismo sexual (Millikin & Williams, 1984; Tavares, 2002).

Su llegada al Atlántico Nororiental (Europa y Norte de África) data de principios del siglo XX y en el Mediterráneo de mediados de la década de 1940, en el que se encuentra ya establecido en toda su cuenca (Zenetos & Streftaris, 2006). La causa principal de la llegada de esta especie a costas europeas, se especula que son las aguas de lastre de los buques (Nehring, 2011). Los juveniles y larvas de *C. sapidus*, abundantes en las zonas estuarinas donde se sitúan la mayoría de puertos, son incorporados a estos tanques en el agua y transportados hasta que esta es expulsada. Esta vía también puede ser la causa de la llegada de otras especies marinas invasoras.

En la Península Ibérica, el primer registro fue en el estuario del Tajo cerca de Lisboa en 1978 (Nehring, 2011). En el Mediterráneo ibérico la primera captura registrada fue en el Delta de Ebro en 2012 (Castejón & Guerao, 2013), y en 2014 se realizó la primera captura en la Albufera de Valencia. En esta zona la población se ha consolidado y su pesca comercial se inició en el 2017 (Mocholi, 2017).

Actualmente es considerada una especie invasora y listada entre las 100 “peores” especies invasoras en el Mediterráneo (Zenetos & Streftaris, 2006), debido a un amplio rango de tolerancia de salinidad y temperatura (Nehring, 2011) y a su flexibilidad alimenticia (Mancinelli *et al.*, 2017), lo hacen un invasor exitoso. El cambio climático también favorece su expansión ya que no tolera bien aguas excesivamente frías (Bauer, 2006).

La especie aparece en el Listado de 2019 de denominaciones comerciales de especies pesqueras y acuicultura admitidas en España, publicada el 15 de junio de 2019 en el BOE, pero no en la actualización de 2019 del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (Real Decreto 630/2013 del 2 de agosto).

1.1 DESCRIPCIÓN

La especie presenta un dimorfismo sexual muy marcado, en el que los machos tienen los extremos terminales de las quelas de color azul, mientras que en las hembras es de un rojo-anaranjado y menor tamaño. El abdomen, que está plegado debajo del cefalotórax, es también muy distinto, siendo estrecho y en forma de “T” invertida, en

los machos; y ancho, redondeado y libre en la parte ventral en las hembras para transportar bajo él la masa de huevos, en las inmaduras es triangular y sellado al cuerpo (Taissoun, 1973; Tavares, 2002)(Figura1.1).

El caparazón que es más del doble ancho que largo y algo convexo, con un color verde-azulado y con dientes antero-laterales, algo cóncavos y espina lateral de 3 a 4 veces la longitud de los dientes precedentes (Taissoun, 1973; Tavares, 2002).

Posee cinco pares de patas, el primero como quelípedos y los otros como pleópodos, y como todos los portúnidos el último par adaptado para natación (Tavares, 2002).



Figura 1.1: Vistas dorsal y ventral de 2 ejemplares de *C. sapidus*, hembra (izquierda) y macho (derecha). Fotos propias.

1.2 HÁBITAT

C. sapidus habita típicamente en sistemas estuarinos al preferir zonas salobres con vegetación acuática sumergida, tanto como para refugiarse buscando protección frente a los depredadores, en especial cuando son juveniles y en momentos de muda, como por sus recursos alimenticios (Hines *et al.*, 2003). En su fase adulta, es una especie bentónica eurihalina por lo que puede vivir en gran variedad ambientes de aguas

superficiales, tanto agua dulce como salada (Hines *et al.*, 2007; Nehring, 2011) como ríos, lagunas costeras, estuarios, marismas y fondos marinos hasta una profundidad de 35 m (Minello & Webb, 1997; Tavares, 2002) y excepcionalmente a los 90 m donde pueden migrar en los meses más fríos al variar menos la temperatura (Gosner, 1978), ya que su rango de temperatura se encuentra entre 10 y 33°C, nunca superando los 33°C ya que empezarían a morir, y sobreviviendo a temperaturas superiores a 3°C, existiendo una relación directa entre el descenso de la temperatura y la disminución la regulación osmótica y el metabolismo (Bauer, 2006). Por eso la temporada de invierno, su duración e intensidad, es un factor clave en la supervivencia de la especie.

Las fases larvales se desarrollan en el mar formando parte del plancton y los juveniles migran hacia zonas de menor salinidad (Hines, 2007) para alimentarse en los estuarios que son ambientes con elevada productividad durante su etapa de máximo crecimiento y utilizar la vegetación sumergida como zona de refugio (Hines *et al.*, 1987).

1.3 REPRODUCCIÓN

Las hembras inmaduras de *C. sapidus* presentan un abdomen con forma triangular (Figura 1.2a), que cambia a ovalado cuando alcanza la madurez en su última muda, y al aproximarse a la fecha de la última muda el abdomen en las hembras inmaduras se vuelve de color oscuro (Figura 1.2b) (Millikin & Williams, 1984), mientras que los machos siempre mantienen el abdomen en forma de “T” invertida. Esta especie alcanza la madurez alrededor de las 20 mudas post larvales, con un tamaño sobre los 110-180 mm de ancho dependiendo de la temperatura, salinidad y disponibilidad de alimento (Fisher, 1999; Hines, 2007).



Figura 1.2: Vista ventral de hembras inmaduras, el color oscuro del abdomen en el ejemplar de la derecha indica que esta cerca de la muda de madurez. Fotos propias.

El apareamiento ocurre mayoritariamente en aguas de baja salinidad y en los meses más cálidos, estrechamente coordinado con el ciclo de muda, ya que en general las hembras solo se aparean una vez en su vida y esta ocurre durante su última muda, mientras que los machos pueden aparearse repetidas veces (Hines *et al.*, 2003). Las hembras preparadas para la última muda liberan una feromona para atraer a los machos, y el que es aceptado se coloca encima agarrando a la hembra con sus patas hasta que está lista para mudar (Figura 1.3). La cópula empieza antes de que se endurezca el nuevo caparazón, uniéndose por su parte abdominal (Figura 1.4), puede durar entre 5 y 12 horas, y al finalizar el macho protege a la hembra hasta que se endurece el nuevo caparazón (Millikin & Williams, 1984). Después del apareamiento las hembras migran a aguas más salinas para desovar (Aguilar *et al.*, 2005).



Figura 1.3: Macho protegiendo a una hembra inmadura que empieza a tener coloración en el abdomen, capturados en la gola del Perelló el 31 de mayo de 2019. Foto propia.



Figura 1.4: Ejemplares apareándose dentro de la trampa, se observa como el abdomen de la hembra está desplegado y por encima del macho, capturados en el Estany de la Plana en la punta de l'Illa del Perelló, el 3 de julio 2019. Foto propia.

La incubación de los huevos ocurre en aguas salobres y aguas marinas poco profundas, reteniendo los huevos adheridos al abdomen durante un par de semanas, hasta liberarlos en el mar para facilitar su dispersión. El color de esta esponja de huevos varía según lo listos que están para eclosionar pasando de color naranja a marrón oscuro. El peso medio de esta esponja de huevos es de 37 g pudiendo llegar a los 100 g y la cantidad media es de 2 millones de huevos en cada desove (Figura 1.5), pudiendo tener hasta 3 millones (Millikin & Williams, 1984). En latitudes templadas con marcada estacionalidad el desove ocurre durante primavera y verano, cuando la temperatura es más alta (Tavares, 2002).



Figura 1.5: Hembras con la esponja de huevos en diferentes estados de maduración, se observan colores naranja, marrones y negros. Capturadas por pescadores del Perelló frente a la costa del Saler a 3 metros de profundidad el 9 de septiembre de 2019. Foto propia.

1.4 ALIMENTACIÓN

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

Dependiendo de su tamaño su alimentación varía, siendo más carnívoros a mayor tamaño y consumiendo menos material vegetal y detritus (Laughlin, 1982). Estudios recientes muestran que el material vegetal es mucho más importante en la dieta de *C. sapidus* en los ambientes invadidos del Golfo de Valencia (Gil-Fernandez, 2018), sin embargo en la Albufera los peces son una presa muy frecuente aunque la abundancia

de esta fracción en la dieta es relativamente pequeña y el carroñeo debe ser una de las principales medios de alimentación del cangrejo azul en la zona (Falcón, 2019). Aun así los bivalvos son una presa preferente para *C. sapidus* en la zona, tanto los que se encuentran en aguas costeras (Gil-Fernandez, 2018), como las especies de agua dulce (Pla *et al.*, 2018). Los bivalvos son detectados a una distancia de varios centímetros a través del agua mediante receptores químicos en las antenas, prefiriendo los ejemplares pequeños y en los grandes centran su ataque en la región umbonal y cambian la posición del molusco con cada intento fallido (Hughes & Seed, 1981).

1.5 IMPACTO

Aun faltando información sobre los efectos negativos que produce sobre las comunidades bentónicas invadidas y el funcionamiento de los ecosistemas en los que se encuentra (Mancinelli *et al.*, 2017), se ha demostrado que *C. sapidus* es un importante depredador en la cadena trófica y puede producir un potente impacto ecológico, por competencia o depredación, con un amplio abanico de especies de peces y crustáceos nativos en las zonas invadidas debido principalmente a que se puede alimentar de prácticamente cualquier cosa a su alcance (Carrozzo *et al.*, 2014; Mancinelli *et al.*, 2016). Las aguas salobres donde esta especie habita, se caracterizan por un número bajo de especies autóctonas (como el caso de la Albufera), dejando muchos nichos ecológicos abiertos, teniendo el máximo potencial para el establecimiento de especies exóticas (Nehring, 2011) y careciendo en su fase adulta prácticamente de depredadores naturales en estos entornos (Millikin & Williams, 1984), *C. sapidus* llega a presentar altos niveles de densidad.

En las zonas estuarinas del Golfo de Valencia, ya se ha dejado sentir este impacto con episodios de depredación de bivalvos de la familia unionidae (Pla *et al.*, 2018), desplazamiento de otro crustáceo invasor como *Procambarus clarkii* (Mocholi, 2017) y una reducción de hasta un 80% del gasterópodo invasor *Pomacea canaliculata* en el tramo final del río Ebro así, como la disminución de otros organismos acuáticos (Gil-Fernandez, 2018).

Aparte de en los ecosistemas, producen efectos negativos en las actividades pesqueras mutilando los peces atrapados y desgarrando las redes y trampas (Nehring, 2011). Cosa que está pasando a los pescadores de la Albufera de Valencia desde su llegada (Mocholi, 2017).

2. OBJETIVOS

- Determinar la abundancia de *C. sapidus* en el parque de la Albufera de Valencia mediante las técnicas de marcaje y recaptura y de capturas por unidad de esfuerzo (CPUE).
- Conocer el uso del hábitat mediante la recaptura de ejemplares marcados y las diferencias de tiempo y localización entre el lugar de recaptura y el punto de liberación tras el marcaje, así como la diferencia de tallas y sexos en las zonas de estudio.
- Establecer la estructura de tallas y relación de sexos.
- Proponer método de gestión para el control de la especie.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

Las zonas de estudio son la Albufera de Valencia, dentro del Parque Natural del mismo nombre, y más concretamente 2 áreas ubicadas dentro de esta.

La Albufera es una laguna litoral de agua dulce, ligeramente salobre, rodeada por marjales utilizados principalmente para el cultivo de arroz y separada por un cordón de arena del mar, comunicándose con este a través de tres canales o “golas”. Tiene una extensión de 2840 ha y una profundidad media de 1 m, siendo la más importante de estas características de la península (Sanjaume *et al.*, 1992). Es un sistema hipereutrófico debido a la gran cantidad de nutrientes aportado desde los campos y en cuyo lecho se encuentran sedimentos ricos en materia orgánica que cubren los fondos hasta espesores de 60 cm en algunos puntos. Estos sedimentos o tarquín, contiene también cantidades considerables de contaminantes como metales pesados o pesticidas (Sanjaume *et al.*, 1992).

La conductividad de la laguna oscila entre 1370 – 3400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Soria *et al.*, 1987). En las golos la conductividad media está entre 4000 y 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero con grandes variaciones estacionales y de la superficie con el fondo, al estar influenciada por las compuertas que regulan el ciclo hídrico del parque y de las corrientes marinas.

El clima en la zona es el típico del litoral mediterráneo, caracterizado por veranos secos y calurosos e inviernos suaves con escasas heladas (López, 2008). Las precipitaciones se producen de manera torrencial y se concentran en otoño, cuando caen aproximadamente 200 l/m^2 de los 450 l/m^2 anuales, siendo octubre el mes con mayor precipitación.

La temperatura media anual es de 17,4°C, con 11°C de media en febrero, el mes más frío, y 25°C de media en agosto, el mes más cálido. Las brisas marinas son frecuentes, suavizando las temperaturas pero creando ambiente de bochorno al aumentar la humedad. La temperatura del agua oscila entre 34 y 3°C, con un valor medio de 19,4°C, aunque no suele bajar de los 10°C y solo lo hace unos pocos días en enero.

3.1.1 BIODIVERSIDAD

La Albufera destaca principalmente por su gran diversidad de especies de aves que usan este ecosistema regular u ocasionalmente. Para este trabajo se van a desarrollar brevemente las especies acuáticas de animales y vegetación que son los que se ven afectados por la presencia de *C. sapidus*.

Actualmente las aguas del lago están dominadas por fitoplancton en su mayoría cianobacterias, y la vegetación sumergida es escasa, cuando antes la Albufera se

caracterizaba por una gran densidad de macrófitos (*Chara*, *Potamogeton*, *Myriophyllum*), que ahora se encuentran en zonas concretas ocupando 14500 m² en 2017 (Centro de Conservación de Especies Dulceacuícolas de la Comunitat, 2017).

Los macrófitos sufren una importante reducción en los años 70 debido al uso de fitosanitarios ya descatalogados y los procesos de hipereutrofización, aumentando la cantidad de fitoplancton y como consecuencia la turbidez de las aguas (Blanco & Romo, 2006). Este proceso, junto con la introducción de especies exóticas, provocó cambios en la composición de la ictiofauna, donde se redujo o dejaron de estar presentes especies originarias de la laguna, endémicas como el samaruc (*Valencia hispanica*) y el fartet (*Aphanius iberus*), como otras como el carpín (*Carassius carassius*) y el espinoso (*Gasterosteus aculeatus*) (Blanco & Romo, 2006), quedando solo una docena de especies. A esto hay que añadirle la baja diversidad de comunidades bentónicas, como los crustáceos autóctonos (*Dugastella valentina* y *Palaemonetes zariquieyi*), y los bivalvos conocidos como “petxinots” (*Unio mancus*; *Anodonta anatina*), el primero listado como vulnerable en el Catalogo Español de Especies Amenazadas (Información sacada del Banco de Datos Biodiversidad de la C.V., 2019)

Como indica el estudio de Blanco y Romo (2006) y se observa en los datos facilitados por la Cofradía de Pescadores del Palmar, la ictiofauna actual está dominada por mugílidos y ciprínidos, cuyas capturas se han multiplicado desde la década de los 50, llegando a representar alrededor del 99% de las capturas a principios de la década 2000 y actualmente el 95%, mientras que la captura de anguila (*Anguilla anguilla*), el más representativo y de valor para los pescadores, ha pasado del 30% a solo el 4% de las capturas en el mismo periodo.

3.1.2 ZONAS DE MUESTREO

Las zonas de muestreo se encuentran en las acequias adyacentes a las compuertas del Perellonet (Sequiota; Zona A) y el Perelló (Estany de la Plana; Zona P), y en la gola del Perelló (Zona G). Situadas al este del parque de la Albufera, en las proximidades de las poblaciones de El Palmar y El Perelló (Figura 3.1).



Figura 3.1: Localización zonas de muestreo en el parque de la Albufera

Las zonas A y P tienen unas condiciones muy similares, ambas zonas tienen un fondo fangoso con vegetación palustre en los márgenes y algunas manchas de macrófitos, la profundidad se encuentra entre 0,5 y 1 m, y sus aguas son dulces por estar detrás de las compuertas que comunican la Albufera con el mar. La zona G tiene también un fondo fangoso, volviéndose arenoso cuanto más cerca se encuentra de la desembocadura al mar, sobre todo en los márgenes, donde está encauzado con rocas, dando lugares donde refugiarse y en estas rocas se adhieren algas filamentosas, la única vegetación que se encuentra en la zona. La profundidad va aumentando desde los márgenes con 0,5 m, hasta el centro del canal llegando a los 2 m y la salinidad es muy variable por la influencia de las compuertas que regulan el ciclo hídrico del Parque Natural y sus arrozales. En las figuras 3.2 y 3.3 se observa la ubicación de los puntos de muestreo de las tres zonas.



Figura 3.2: Puntos de muestreo en la Sequiota (Zona A), entre el Palmar y la gola del Perellonet



Figura 3.3: Puntos de muestreo en el Estany de la Plana (Zona P) y la gola del Perelló (Zona G)

3.2 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

El muestreo se ha realizado siempre en las mismas zonas y con el mismo método, el muestro con nasas. Se trata de trampas plegables de forma cilíndricas hechas de tela de nailon con 2 aberturas que se estrechan y dificultan la salida de los animales.

Tienen una longitud de 56 cm, diámetro de 30 cm que se estrecha hasta la mitad en la entrada a la trampa, con una luz de malla de 1,4 cm (Figura 3.4). Estas se ataban a la vegetación de las motas en el caso de las acequias o a los norayes de los pantalanes en el caso de la Gola. En su interior se colocaban botes de plástico agujereados, en los que se colocaba el cebo dentro para dificultar su consumo por parte de los animales que entraban y eran agujereados para que se expandiera mejor el olor del cebo. Se ha utilizado cualquier clase de pescado como cebo, al proporcionar morralla los pescadores del Perelló.

Las trampas se dejaban 24 horas, y se sacaban del agua al día siguiente para ver su contenido, exceptuando las ocasiones de indisponibilidad por circunstancias climatológicas de utilizar la barca para llegar hasta ellas. La frecuencia de muestreo en los distintos puntos en general fue de dos días a la semana si bien, dependiendo de las condiciones climáticas, de las laborales de la Cofradía de Pescadores, y de que no todos los puntos se muestreaban a la vez, ya que no se disponía de suficientes trampas para hacerlo, algunos puntos pudieron quedar sin muestrear por un tiempo. La fecha de inicio del estudio fue el 28 de mayo de 2019, con algunas pruebas a mediados de abril para conocer la situación, y finalizaron el 30 de octubre de 2019 a excepción de la zona A donde se finalizó el 30 septiembre debido al aumento de carga de trabajo de los empleados de la Cofradía del Palmar ya que ellos eran los que prestaban su barca. Las primeras capturas se realizaron el 13 de junio de 2019. En total de salidas, en la Sequiota se realizaron 17, 40 en la Plana y 55 en la Gola.



Figura 3.4: Nasa utilizada para la captura de ejemplares. En su interior se pueden ver un par de ejemplares y el bote utilizado para intentar mantener el cebo fuera de su alcance. Foto propia.

La identificación y análisis biométrico de los ejemplares capturados se realizó en base a la metodología descrita por Carrozzo *et al.* (2014). El sexo se determinó por la forma del abdomen y la biometría en medir la anchura del caparazón (AC) en cm, que es la distancia entre el extremo de las espinas laterales. El peso no se midió ya que los

ejemplares eran marcados *in situ* y no se llevaba báscula para agilizar el proceso de marcaje, pero se puede estimar mediante fórmulas de trabajos anteriores (Mocholi, 2017).

Los ejemplares se marcaban mediante chapas identificativas con un número atadas a las espinas del caparazón y eran soltados en el mismo punto de captura (Figura 3.5). Los ejemplares que habían perdido algún miembro o estaban heridos eran descartados por no asegurar su supervivencia tras el marcaje para una futura recaptura.

Añadir que por parte de los pescadores de la Comunidad de Pescadores de El Palmar y pescadores aficionados que han ayudado a la obtención de ejemplares, el método de captura por parte de los palmaristas ha sido mediante redes y mornells y por los aficionados de la Gola mediante caña y salabre.

También fue usado un conductímetro para medir la conductividad y la temperatura del agua *in situ* de los puntos de muestreo donde se capturaban ejemplares (Figura 3.6).



Figura 3.5: Elementos utilizados para la identificación, análisis y captura.



Figura 3.6: Conductímetro utilizado. Modelo WTW Multi 340i. Foto propia.

3.3 ANÁLISIS DE DATOS

Con los datos de las tallas se realizó la prueba Kolmogorov-Smirnov (KS) para analizar y comprobar si el conjunto de datos se distribuyen de forma normal ($p > 0,05$) o si los datos de las muestras no siguen una distribución normal ($p < 0,05$) (Hernando *et al.*, 2015), a partir solamente de la anchura del caparazón ya que en este estudio no se pesaron los ejemplares. A continuación se realizó un ANOVA para saber si existían diferencias significativas entre grupos.

Para determinar la proporción entre sexos, se empleó la ecuación de Creasey (Hernando *et al.*, 2015):

$$SO = (M - H) / (M + H) \quad (1)$$

Dónde M corresponde al número de machos en la muestra y H al número de hembras en la muestra; los valores cercanos a 0 indican proporciones iguales, los valores negativos indican más hembras que machos y los valores positivos, más machos que hembras.

Para estimar la abundancia se utilizó:

Metodología capturas por unidad de esfuerzo (**CPUE**) (N. individuos trampa⁻¹ día⁻¹), en el que solo se contabilizaron los ejemplares capturados propios en las diferentes zonas.

Método de captura-recaptura en el cual se utilizará el modelo para una población abierta de Jolly-Seber al igual que otros estudios del mismo tipo (Fitz & Wiegert, 1992; Villegas *et al.*, 2017;). Este modelo se basa en el supuesto de proporcionalidad de la población y los organismos capturados, marcados y liberados con respecto a la muestra anterior, que incluye individuos tanto marcados como no marcados, como una

proporción del tamaño total de la población, requiriendo de múltiples capturas y recapturas (Krebs, 1999). Con el modelo abierto se asume que:

1. Todos los ejemplares tienen la misma probabilidad de ser capturados.
2. Todos los ejemplares tienen la misma probabilidad de supervivencia.
3. Los ejemplares no pierden las marcas ni estas son pasadas por alto.
4. La migración es permanente.

Los parámetros fueron estimados a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\alpha_t = \frac{m_t + 1}{n_t + 1} \quad (2)$$

$$M_t = \frac{(r_{e_t} + 1)z_t}{r_{a_t} + 1} + m_t \quad (3)$$

$$N_t = \frac{M_t}{\alpha_t} \quad (4)$$

Para estimar la varianza de la población, se utilizó la transformada de N_t (Krebs, 1999):

$$T(N) = \log_e(Nt) + \log_e \left[\frac{1 - \left(\frac{p_t}{2}\right) + \sqrt{1 - p_t}}{2} \right] \quad (5)$$

$$p = \frac{n_t}{N} \quad (6)$$

:

$$\text{Var} [T(N_t)] = \left(\frac{M_t - m_t + r_{e_t} + 1}{M_t + 1} \right) \times \left(\frac{1}{r_{a_t} + 1} - \frac{1}{r_{e_t} + 1} \right) + \frac{1}{m_t + 1} + \frac{1}{n_t + 1} \quad (7)$$

Los intervalos de confianza al 95% fueron dados por las siguientes ecuaciones.

$$TL = T(N_t) - 1.6 \sqrt{\text{Var}[T(N_t)]} \quad (8)$$

$$TL = T(N_t) + 2.4 \sqrt{\text{Var}[T(N_t)]} \quad (9)$$

Donde:

α_t : Proporción de ejemplares marcados

M_t : Número de ejemplares marcados en la población en el muestreo t

N_t : Número total de ejemplares en la población en el muestreo t

p : Probabilidad de captura de cualquier ejemplar en el muestreo t

m_t : Número de ejemplares capturados marcados en el muestreo t

u_t : Número de ejemplares sin marcar capturados en el muestreo t

n_t : Número total de ejemplares capturados en el muestreo t

re_t : Número de ejemplares soltados marcados después del muestreo t

ra_t : Número de re individuos marcados en el muestreo t y recapturados en un muestreo posterior

z_t : Número de animales marcados antes del muestreo t, no capturados en muestreo t, pero recapturados en algún muestreo posterior

Para la estimación de la abundancia mediante este método, junto con los datos de captura propios, también se utilizaron los datos de las capturas de la Comunidad de Pescadores de El Palmar en las zonas de la Plana y la Sequiota; y en la Gola se estimaron las capturas realizadas por los pescadores aficionados para cada periodo de análisis, utilizando la información aportada por estos. Estas capturas se tuvieron en cuenta para realizar cálculos más realistas, debido a que una parte de las recapturas se realizó por parte de pescadores.

Los datos se agruparon semanalmente, debido a la recaptura con pocos días de diferencia de la mayoría de los ejemplares imposibilitando su realización mensualmente y si alguna recaptura se contabilizaba dentro de la misma semana por algún pescador aficionado o de la cofradía se contabilizaba en la siguiente semana.

Este modelo también ofrece las tasas de reclutamiento y la probabilidad de supervivencia pero no se tuvieron en cuenta ya que la principal variabilidad semanal de la abundancia es la migración.

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS ESTUDIADAS

La temperatura del agua durante el periodo de estudio se encontraba entre 19 y 29 °C teniendo una evolución similar en las tres zonas, con máximos en el mes de agosto (29,3 °C registrados el día 7 de agosto de 2019). En cuanto a la salinidad, las zonas A y P registraron una salinidad media y rango similar, mientras que la zona G obtuvo una salinidad media superior y con un rango grande (Tabla 4.1).

Los datos corresponden al promedio de todos los puntos de la zona, siendo recogido los datos cuando en el punto era capturado algún ejemplar y se disponía del conductímetro.

Tabla 4.1: Valores de salinidad (psu) en las diferentes zonas

Zona	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
P	23	0,946	0,225	0,6	1,2	0,6
A	27	1,064	0,230	0,8	1,5	0,7
G	23	19,582	13,314	1,3	32,5	31,2

4.2 ESTRUCTURA POBLACIÓN

Durante el muestreo se capturaron un total de 299 ejemplares adultos de *C. sapidus*, de los cuales 125 fueron machos (41,8%) y 174 hembras (58,2%), indicando una diferencia de la proporción 1:1 (Ecuación de Creasey= -0,17). De las 174 hembras, 74 eran inmaduras (42,5%) y 3 ovígeras (1,7%), estas últimas capturadas todas en la Gola del Perelló.

La distribución de frecuencias de tamaño para el total de la muestra presentó una distribución normal ($p= 0,238$, KS), al igual que para las distintas zonas de muestreo: Zona A ($p=0,187$, KS); Zona P ($p=0,415$, KS) y Zona G ($p=0,323$, KS).

Tabla 4.2: Valores de ancho del caparazón (AC) en las diferentes zonas y grupos

Zona	Recuento	Promedio (mm)	Desviación Estándar (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Grupos Homogéneos
A	90	135,011	25,390	72,0	192,0	1
P	75	153,901	25,066	73,0	201,0	2
G	134	136,508	30,212	61,0	197,0	1
Total	299	140,379	28,555	61,0	201,0	

El tamaño promedio para el total de la población fue de $140 \pm 28,5$ mm, teniendo los máximos y mínimos en 201 y 61 mm respectivamente (Tabla 4.2).

Se encontró una diferencia significativa de la media de AC entre zonas ($p= 0,0$, ANOVA), por la cual la zona de la Plana (P) era diferente a las otras dos zonas siendo en esta zona más grandes (Figura 4.1). Aunque esta zona posee un mayor número de machos capturados respecto a las hembras (Figura 4.2) (Ecuación de Creasey: $P= -0,067$; $A= -0,27$; $G= -0,15$), las hembras tienden a ser igual o de mayor anchura que los machos (Figura 4.3). En la zona A fue donde el porcentaje de hembras capturadas fue mayor y la única de las tres zonas donde las hembras inmaduras superaron a las maduras (Figura 4.2).

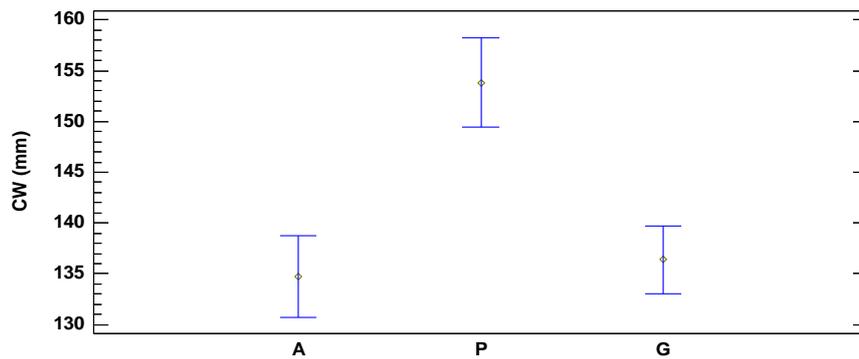


Figura 4.1: Intervalos LSD Fischer de las diferentes zonas de estudio.

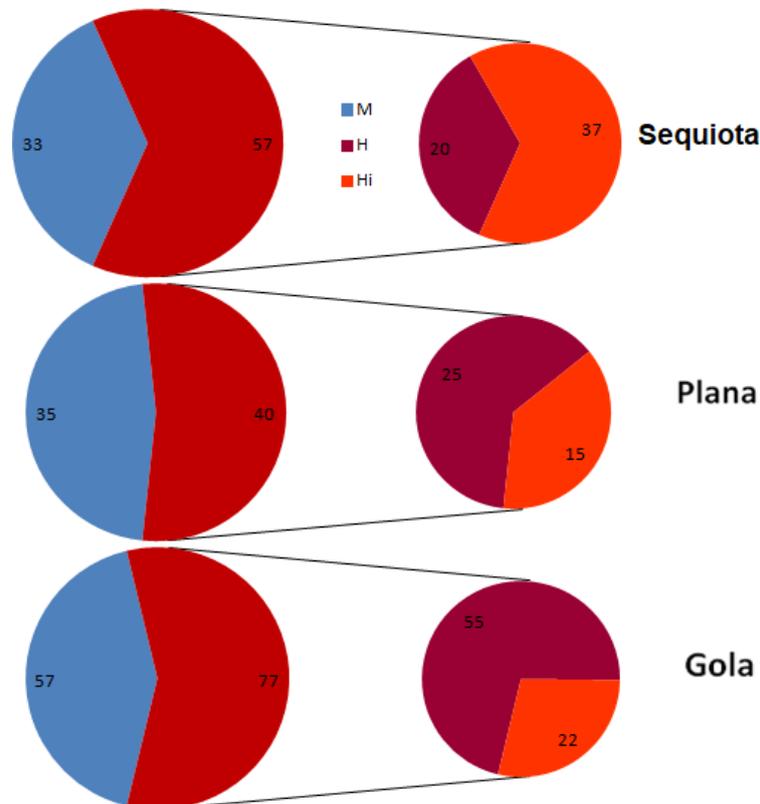


Figura 4.2: Diferencia de sexos de los ejemplares capturados según la zona. M: Machos, H: Hembras maduras y Hi: Hembras inmaduras.

En general los tamaños más frecuentes capturados se encontraron entre 120 y 180 mm (Figura 4.3), siendo para los machos entre 120 y 160 mm; y para las hembras entre 140 y 180 mm con solo un ejemplar pasan que superó los 200 mm. Los tamaños más pequeños se encontraron principalmente en la zona de la Gola.

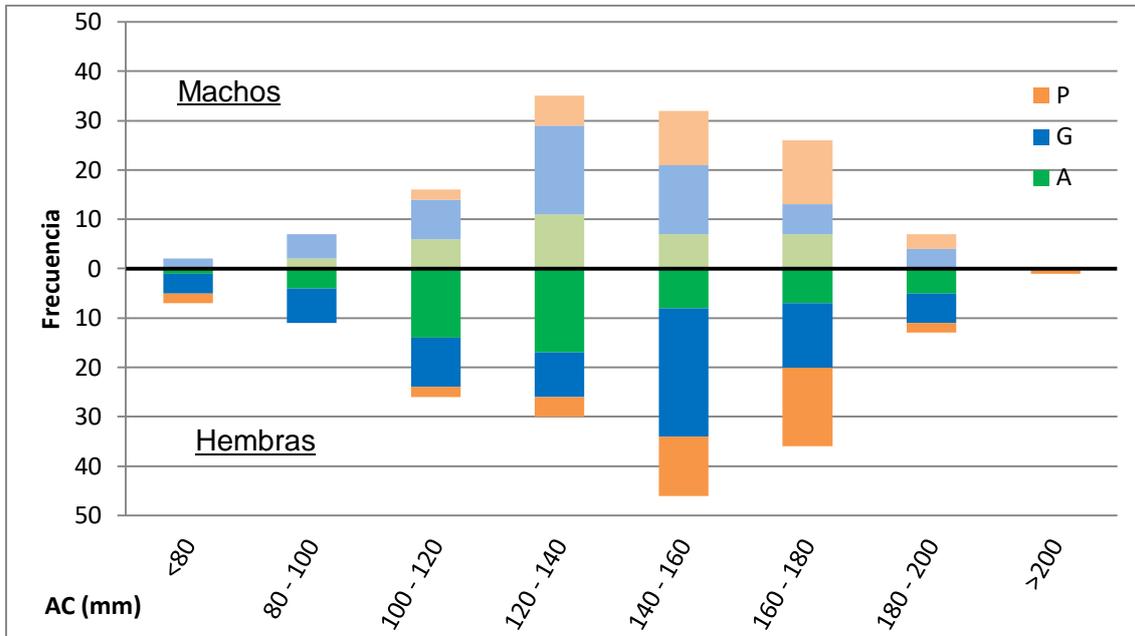


Figura 4.3: Distribución de frecuencias del ancho de caparazón diferenciando sexos y zona

4.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

Al analizar la distribución mensual en las distintas zonas (Figuras 4.4, 4.5 y 4.6), se observa que las tres zonas tuvieron escasas capturas en el mes de junio comparado con los otros meses, y en la zona de la Gola también se redujeron las capturas en septiembre. Se observa que la captura de machos permanece más estable en cada zona que la captura de hembras, en especial de las maduras, desapareciendo en el mes de agosto y principios de septiembre de las zonas A y P mientras que siempre estuvieron presentes en la zona G. Esta desaparición también se observó en las capturas de los pescadores de la Cofradía del Palmar, cuyas capturas en este periodo fueron machos y hembras inmaduras.

Las hembras inmaduras siempre estuvieron presentes en la zona A y fueron un porcentaje importante (50%) de las capturas en el mes de septiembre en esta zona. En las otras zonas también se registró su presencia pero con un porcentaje menor a la zona A.

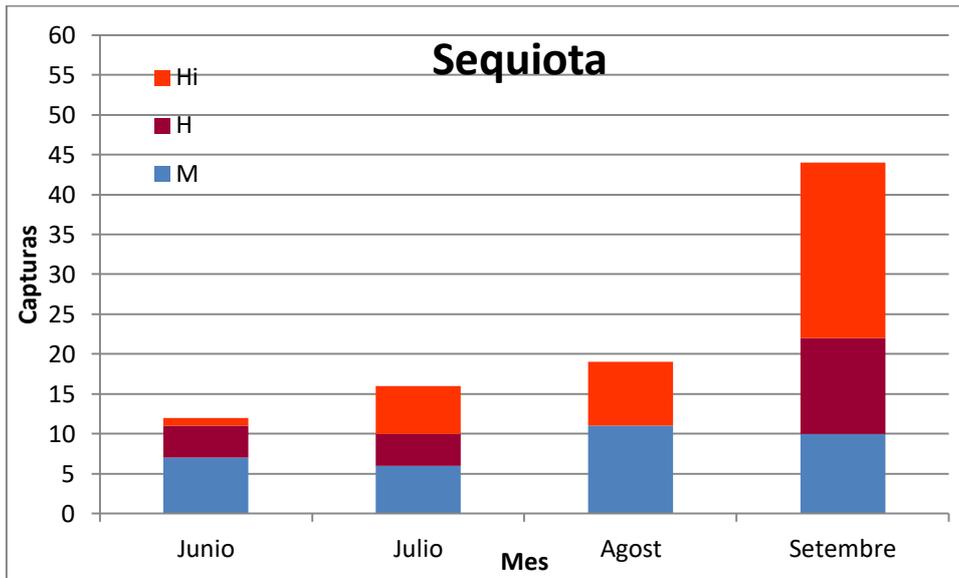


Figura 4.4: Número de capturas y diferencia de sexos en la Sequiota (Zona A). No hay datos de octubre debido a la imposibilidad de salir a muestrear en la zona.

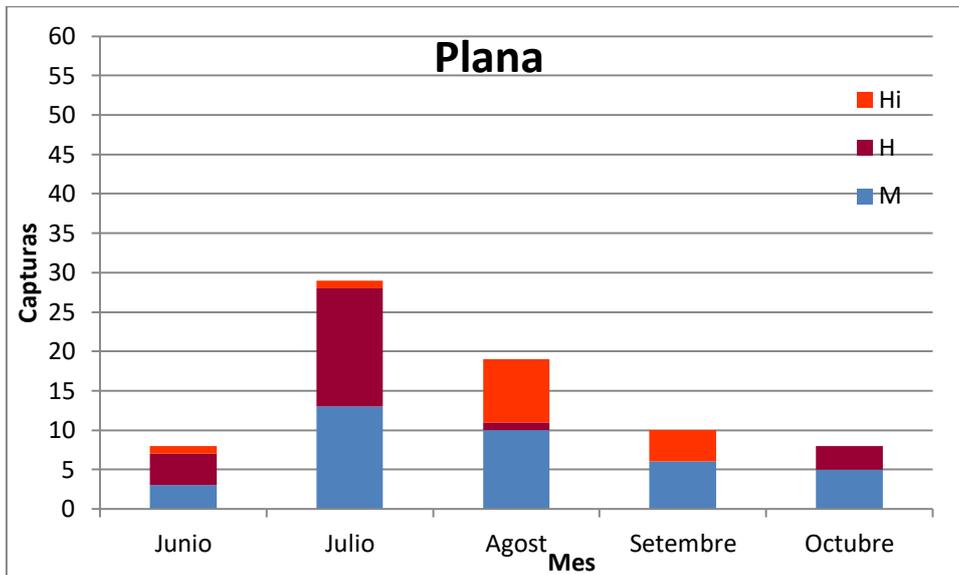


Figura 4.5: Número de capturas y diferencia de sexos en la Plana (Zona P)

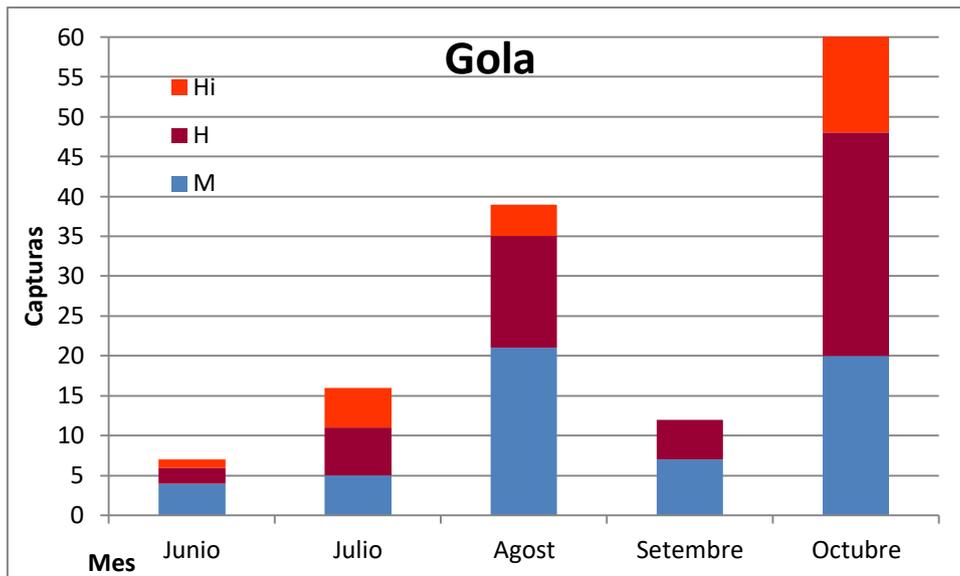


Figura 4.6: Número de capturas y diferencia de sexos en la Gola (Zona G)

Las hembras tuvieron picos de captura en las zonas de estudio contiguas, zonas P y G (Figuras 4.7 y 4.8), apreciando un claro aumento a finales de junio de hembras maduras en la zona P sucedido por un aumento de inmaduras. En la zona G los picos de captura sucedieron uno a principios de agosto y otro a principios de octubre, entre estos dos picos las capturas de hembras fueron muy escasas. A finales de octubre en la zona G no se capturaron hembras maduras mientras si lo siguieron haciendo las inmaduras, en esta misma fecha en la zona P se volvieron a registrar hembras maduras.

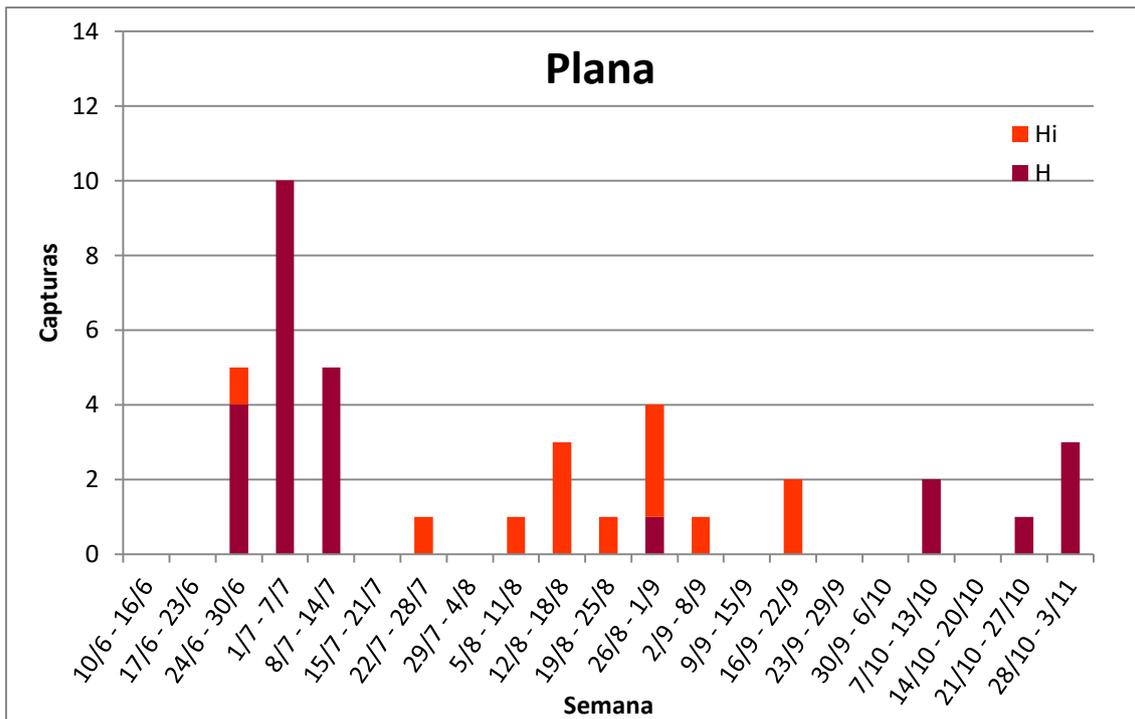


Figura 4.7: Hembras capturadas en la zona P por semanas durante el periodo de estudio. H:maduras; Hi: inmaduras.

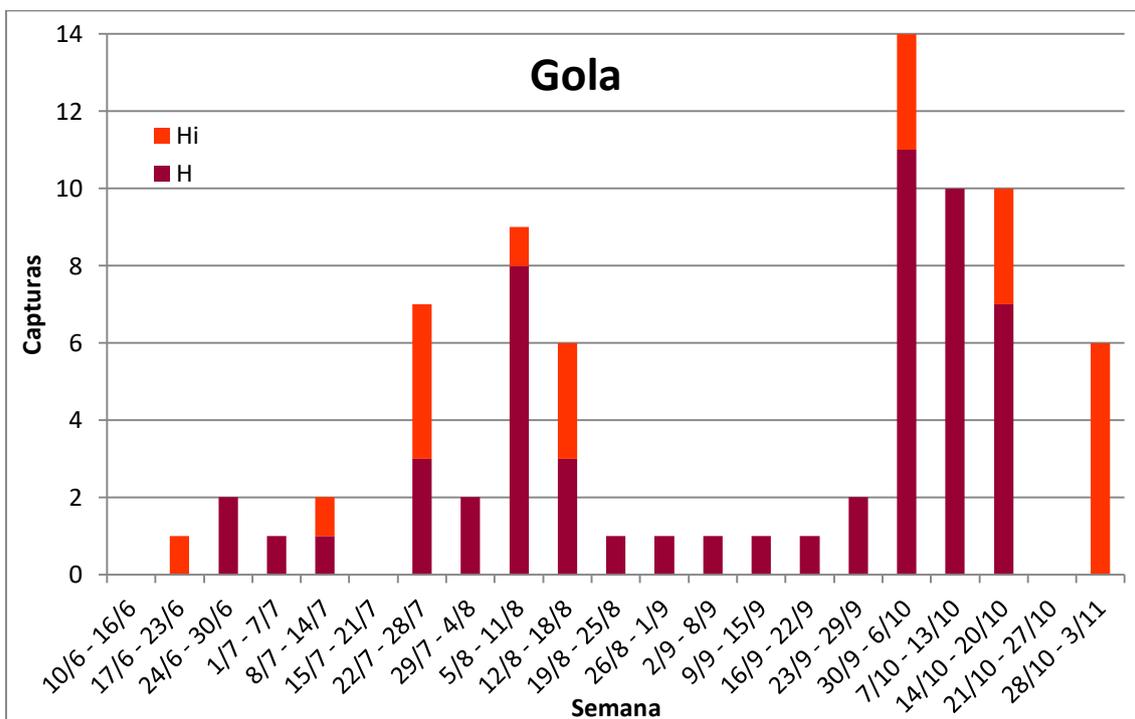


Figura 4.8: Hembras capturadas en la zona G por semanas durante el periodo de estudio. H:maduras; Hi: inmaduras.

4.4 ABUNDANCIA

4.4.1 CPUE

El número de capturas por unidad de esfuerzo varió a lo largo del tiempo y por zonas. La Sequiota (Zona A) fue la que mayor CPUE obtuvo con 1,26 de media, seguido por la Gola (0,74) y la Plana (0,69) (Tabla 4.3).

La Sequiota y la Plana (Figuras 4.9 y 4.10) solo obtuvieron un patrón parecido a principios del estudio, en el que la CPUE aumentaba cada semana hasta alcanzar ambos un valor de 1,5 mediados de julio. A partir de ahí en la Plana la CPUE bajó y en la Sequiota después de unas semanas sin ir a muestrear (ya que las salidas en esta zona dependían de la cofradía de pescadores y por motivos de carga de trabajo no se pudieron realizar), la semana del 5 al 11 de agosto no se realizó ninguna captura mientras que a la siguiente se realizó el máximo, con valor de 2,5, y se mantuvo una CPUE mayor que en la Plana. En la Gola (Figura 4.11) se obtuvo una CPUE similar a la Plana pero muy influenciado por las hembras maduras, con picos a principios de agosto y octubre.

Tabla 4.3: CPUE total por mes en las diferentes zonas

Zona	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
A	0,60	1,25	1,19	1,76	-
P	0,33	1,07	0,74	0,72	0,57
G	0,44	0,80	1,0	0,45	1,0

No hay datos de octubre en la zona P debido a la imposibilidad de salir a muestrear en la zona

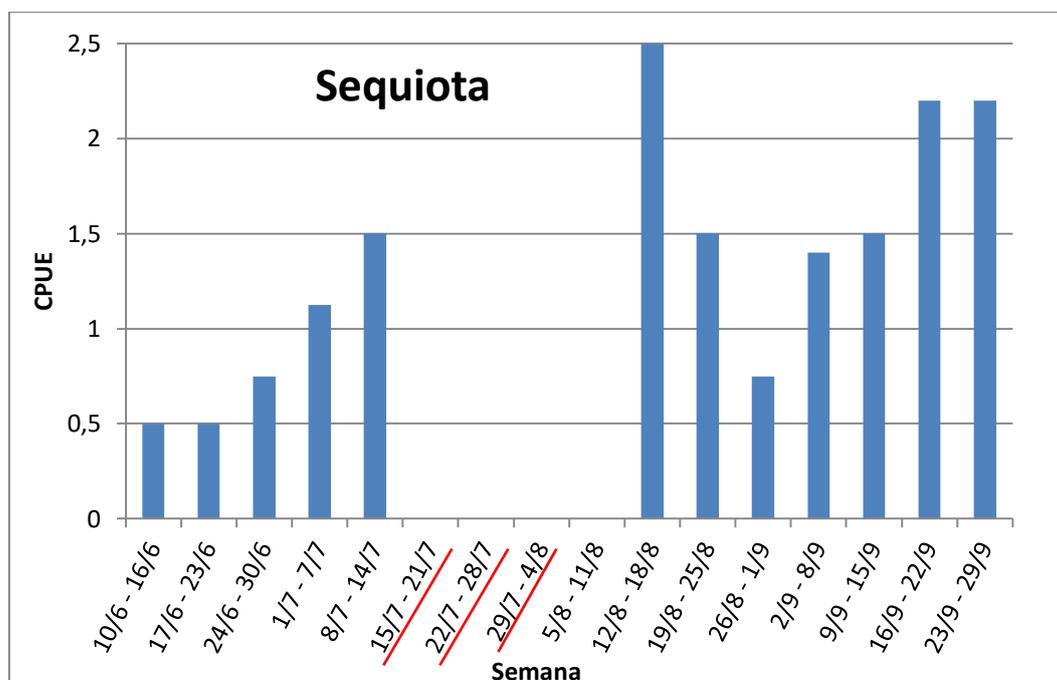


Figura 4.9: CPUE total por semana en la zona A. Las líneas rojas indican semanas donde no se pudo salir a muestrear.

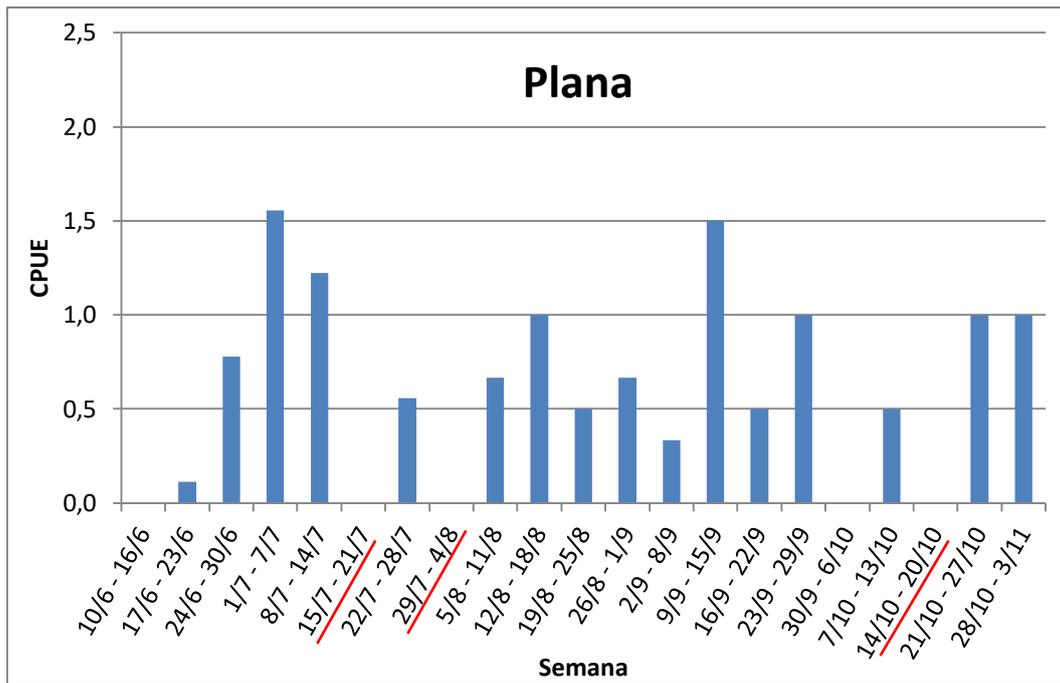


Figura 4.10: CPUE total por semana en la zona P. Las líneas rojas indican semanas donde no se pudo salir a muestrear.

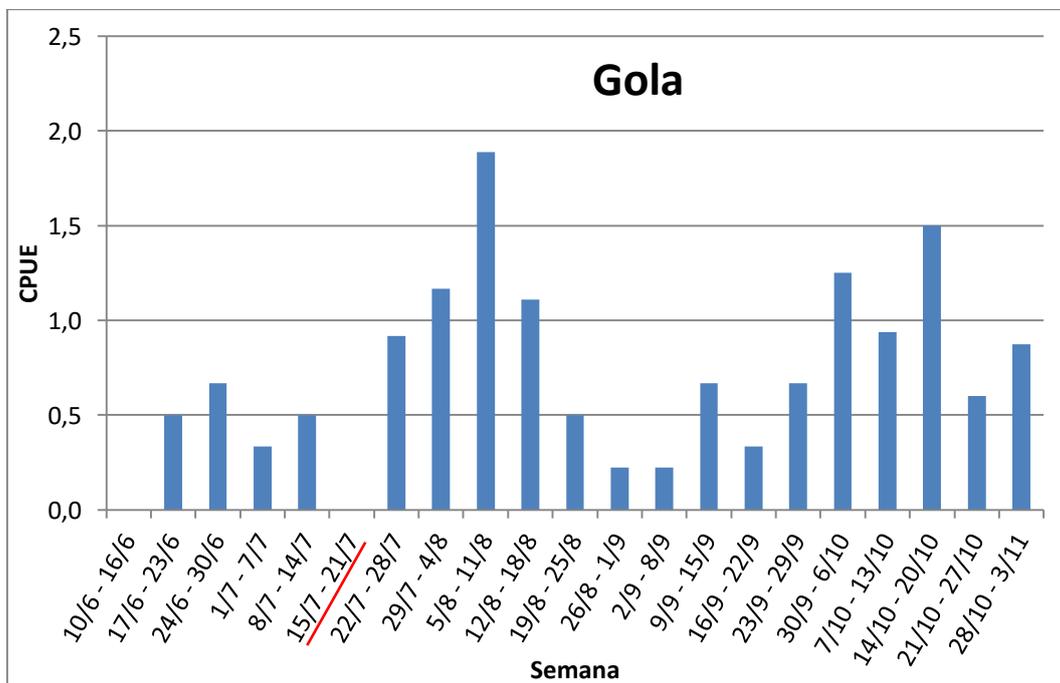


Figura 4.11: CPUE total por semana en la zona G. La semana del 15 al 21 de julio no se salió a muestrear.

4.4.2 CAPTURA-RECAPTURA

De las 299 capturas durante el periodo de estudio, 289 fueron primeras capturas y se marcaron 240 individuos, 10 fueron recapturas de ejemplares en nuestras nasas y otras 24 recapturas fueron realizadas por pescadores (Tabla 4.4). Hubo un ejemplar que fue recapturado 2 veces, primero por el autor y después por un pescador. De tal modo que la tasa total de recaptura se sitúa en el 14,16%, dependiendo de zona, en la Sequiota (zona A) la tasa fue del 5,2%, en la Plana 12,5% (zona P) y 22% en la Gola (zona G). Estos porcentajes habría que destacar que están alterados debido a que 10 de los 22 ejemplares recapturados en la Gola procedían de puntos de muestreo de la Plana (6 machos, 3 hembras maduras y 1 hembra inmadura).

Tabla 4.4: Tabla resumen de capturas y recapturas durante el periodo de estudio en las diferentes zonas.

Zona	A	P	G	Total
Capturas	89	72	128	289
Sueltas	76	64	100	240
Recapturas	1	3	6	10
Recap. otros	3	5	16	24

Para la estimación de la abundancia mediante el método Jolly-Seber se utilizaron los datos conjuntos de la Gola y la Plana debido a 2 factores: el número de recapturas de ejemplares en una zona liberados en la otra y el bajo número de recapturas de las zonas por separado si estos ejemplares no se tuvieran en cuenta. Esta zona conjunta cuenta con un área aproximada de 4 ha.

En la figura 4.12 se observa que la abundancia (N) semanal va aumentando hasta mediados de agosto, donde a partir de este punto empieza a disminuir observándose dos pequeños picos a principios y finales de septiembre. En octubre se observa el máximo absoluto con 4200 individuos y el mínimo estimado de 195 la semana del 17 al 23 de junio. La abundancia media de todas las semanas de estudio dio como resultado un valor de 1209 individuos. Debido al número de capturas por los pescadores los intervalos de confianza calculados son extremadamente grandes en comparación con la abundancia calculada.

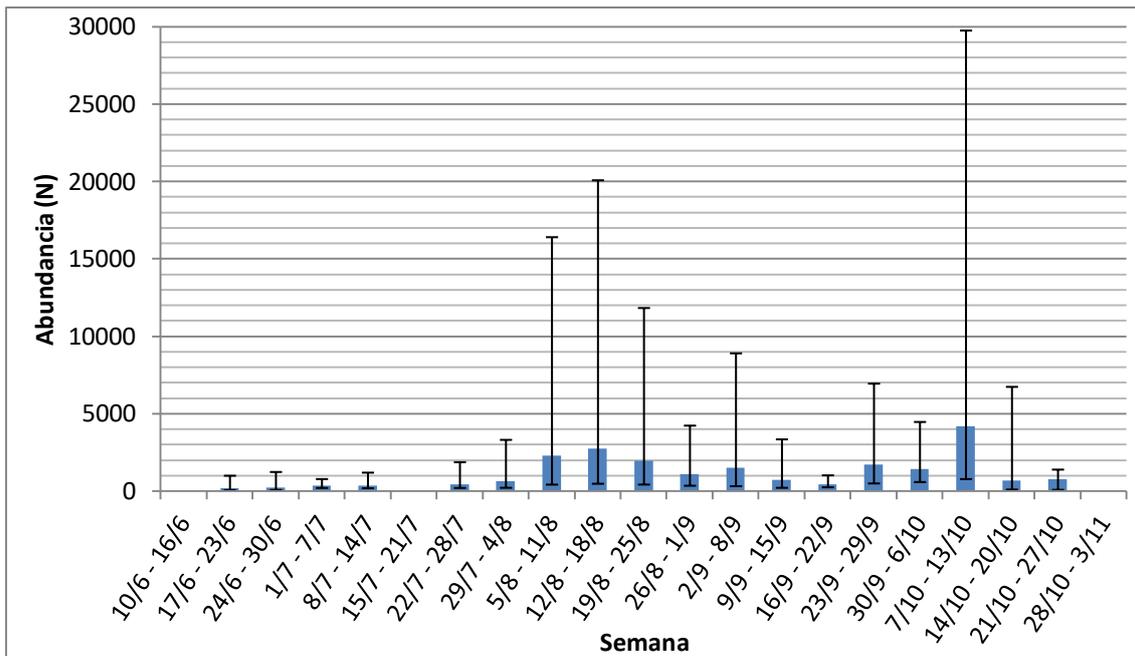


Figura 4.12: Abundancia poblacional estimada por el modelo J-S semanalmente para el conjunto de las zonas Gola-Plana

4.5 MOVIMIENTO

De las 34 recapturas, 21 fueron machos, 9 hembras maduras y 4 hembras inmaduras. El máximo tiempo de una recaptura se registró en 54 días desde la suelta (del 7 de agosto al 30 de septiembre), un macho que tras este tiempo fue recapturado en la misma zona en la que se soltó. Aunque hubo varias recapturas tras un periodo de más de 40 días, el 56% de las recapturas se realizaron con 7 días o menos tras su marcaje y suelta (Figura 4.13).

Hubo 11 ejemplares que su recaptura se produjo en una zona diferente a la de suelta. 6 machos, 3 hembras maduras y 1 hembra inmadura se desplazaron desde la zona P a la zona G (Figuras 4.15 y 4.16). Y una hembra inmadura se desplazó desde la zona A hasta la zona P, realizando un recorrido mínimo (ya que podría llegar a través de otras vías) de 5360 m en 41 días (Figura 4.14). Aparte de este ejemplar hubo otros 3 ejemplares, todos ellos machos, que superaron los 40 días, uno se recapturó tras 54 días en la misma zona de suelta (Plana), otro tras 48 días se recapturó en el mismo punto (G3), este con marcas en el caparazón a consecuencia del rozamiento de la chapa y el alambre (Figura 4.17), y el último tras 42 días se recapturó en el punto G1 tras su suelta en el P2. Mientras que el rango de recaptura de los machos se encuentra en 50 días, el tiempo máximo de recaptura para una hembra madura se registró en 7 días.

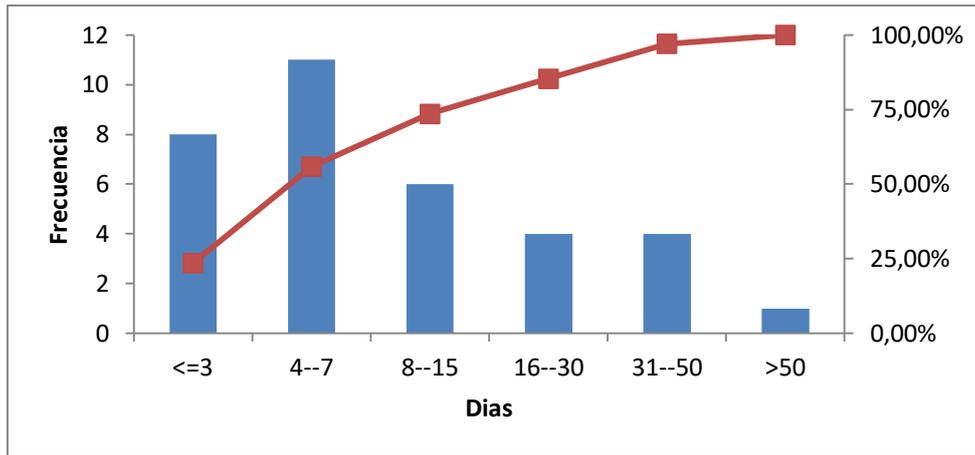


Figura 4.13: Frecuencia de los días pasados hasta la recaptura.

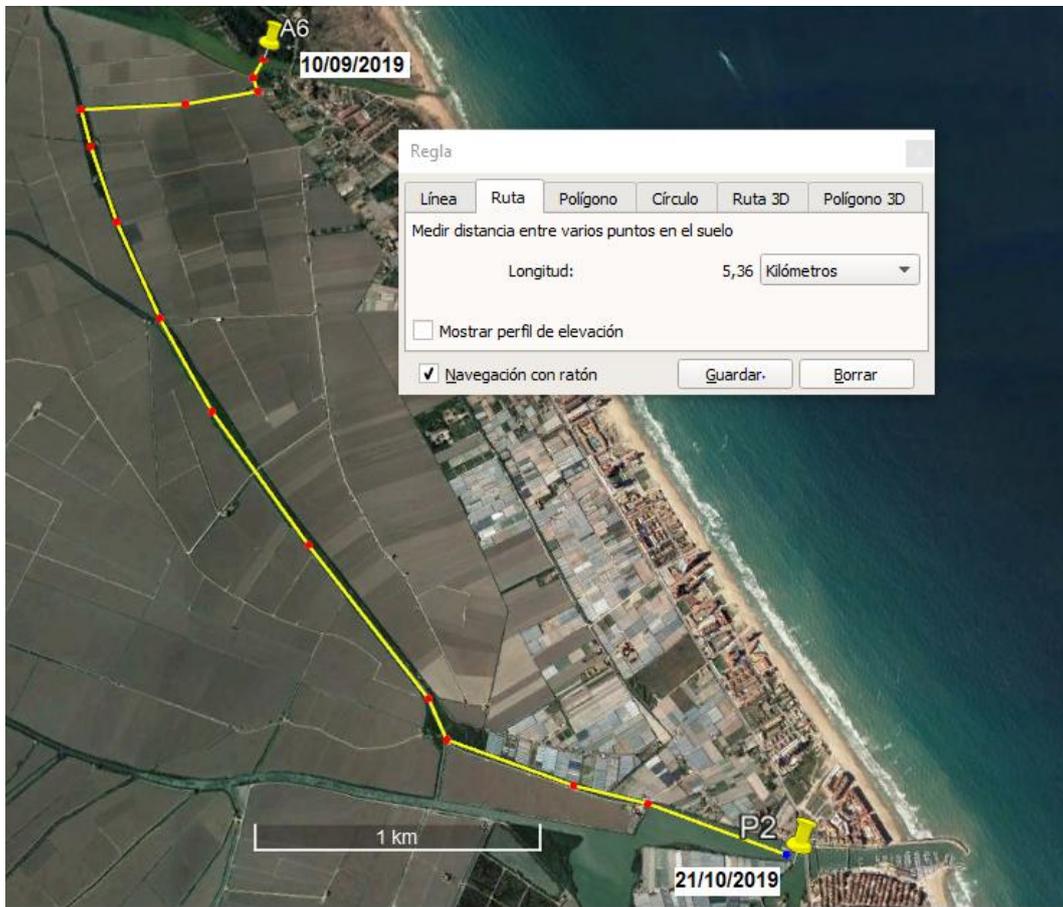


Figura 4.14: Recorrido más probable del ejemplar marcado número 161, hembra inmadura.

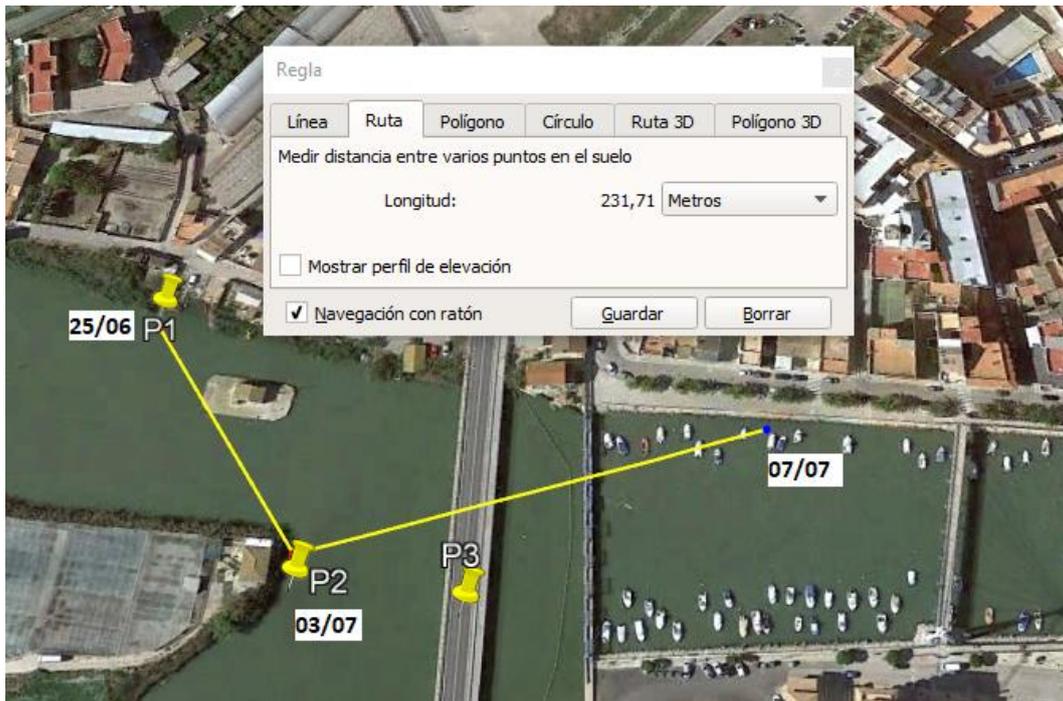


Figura 4.15: Recorrido del ejemplar número 25, capturado 2 veces, macho.

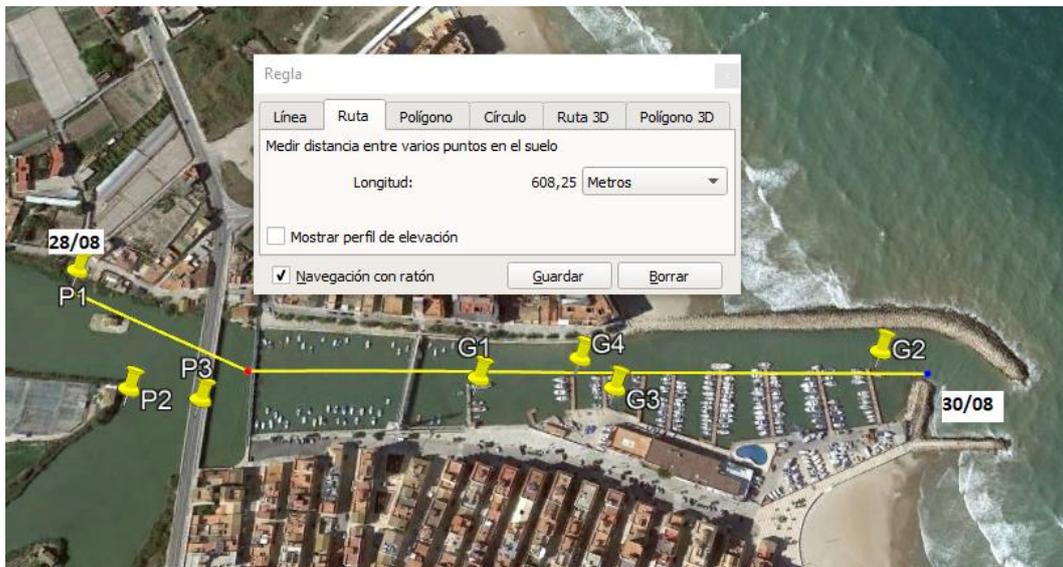


Figura 4.16: Recorrido del ejemplar número 135, hembra madura.



Figura 4.17: Ejemplar recapturado tras 48 días en la Gola del Perelló con marcas producidas por efecto de la chapa y alambre para su identificación.

4.6 ESTADIOS LARVARIOS Y JUVENILES

Durante el mes de octubre un total de 16 ejemplares juveniles de 2 cm e inferiores y unas 40 megalopas fueron capturados en la zona de la gola, concretamente en las trampas colocadas en el Club Náutico del Perelló (Figuras 4.18-4.21). Tras la retirada de las nasas del agua y ser puestas en los pantalanes, los juveniles eran observados saliendo fuera de la trampa y se recogían en un tarro. Las megalopas se encontraban en los charcos de agua que dejaban las trampas, incluso se encontraron algunas dentro de los botes del cebo, y eran contabilizadas.



Figura 4.18: Muestra de 3 megalopas y un juvenil de *C. sapidus* capturados el 2 de octubre de 2019. Foto propia.



Figura 4.19: Comparación de tamaño de 2 megalopas capturadas. Foto propia.



Figura 4.20. Varios juveniles capturados el 3 de octubre de 2019. Foto propia.

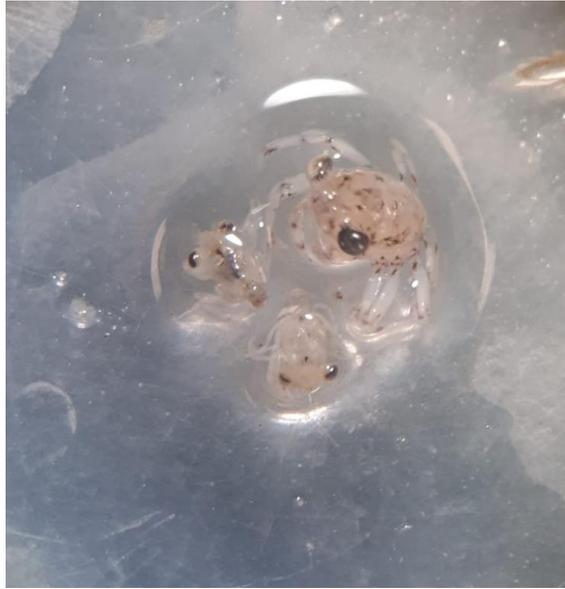


Figura 4.21. Megalopas capturadas vistas por el microscopio. Foto propia.

5. DISCUSIÓN

5.1 ABUNDANCIA

Con las capturas propias y mediante la estimación por CPUE, la Sequiota (Zona A) fue la que mayor valor obtuvo con 1,26 N. ind. trampa⁻¹ día⁻¹ de media durante todo el periodo, debido probablemente a su proximidad con el lago, ya que la zona de la Plana ha tenido una CPUE inferior teniendo unas condiciones similares de salinidad y temperatura, pero encontrándose a 6 km de la laguna. La Gola obtuvo una CPUE similar a la Plana pero muy influenciada por el movimiento de migración de las hembras (Figuras 4.8 y 4.11), con picos a principios de agosto y octubre. A la hora de obtener los datos, la zona de la Plana es la que menor influencia externa por parte de pescadores aficionados o profesionales de la CP del Palmar tuvo durante gran parte del periodo de estudio, ya que hasta finales septiembre no comenzaron a calar mornells los pescadores del Palmar, mientras que la Gola sufrió de una pesca intensa por parte de pescadores aficionados y a pesar de esta extracción continua de cangrejos, la CPUE de la Gola parece solo tener cambios importantes por la migración de las hembras, por lo que los individuos extraídos serían remplazados por otros.

En otra localidad invadida por *C. sapidus* con unas condiciones similares a la Gola como es el estanque de Torre Colimena al sur de Italia (salinidad promedio de 26 psu con 1,2 m de profundidad) (Carrozzo *et al.*, 2014), pero con vegetación sumergida, esta obtuvo una CPUE mayor con 4,6 de máximo y 2,8 de mínimo, siendo muy superior a la Gola, que durante el verano no supera una CPUE de 1 (Tabla 5.1). Sin embargo la CPUE por hectárea fue relativamente similar en ambos sitios debido al área más grande de la zona de Torre Colimena. En otro estudio realizado en el puerto de Sisal, al norte de la península de Yucatán (Villegas *et al.*, 2017), una zona nativa del cangrejo, se observaron CPUEs similares (Tabla 5.1). Este puerto también tiene unas condiciones parecidas a la zona de la Gola, con 3,6 ha y 1,5 m de profundidad.

Tabla 5.1: Comparación de rango de CPEU con otros estudios sobre *C. sapidus* en periodos similares (Junio-Octubre)

Zona	Fuente	Área (ha)	CPUE (N. individuos trampa ⁻¹ día ⁻¹)	
			Mín	Max
Gola Perelló	Propia	2,8	0,44	1
la Plana	Propia	1,2	0,33	1,07
la Sequiota	Propia	2	0,60	1,76
Sisal	Villegas <i>et al.</i> , 2017	3,6	0.31	0,85-
Torre Colimena	Carrozzo <i>et al.</i> , 2014	10	2,8	4,6-

En cuanto a la recaptura de ejemplares, un 14% de los cangrejos marcados pudo volverse a capturar, valor similar a la prueba realizada en 2017 en la zona con un 17% de éxito (Mocholi, 2017). Los datos estimados del modelo Jolly-Seber tuvieron grandes intervalos de confianza debido a la diferencia entre los ejemplares marcados liberados y los capturados no liberados, al tener en cuenta las capturas realizadas por los pescadores para cada periodo de análisis, ya que solo se podían marcar los ejemplares capturados propios. Utilizando estos datos del modelo y conociendo que el área conjunta de las dos zonas utilizadas para el cálculo es de unas 4 ha se puede estimar la densidad de *C. sapidus* en la zona. Utilizando el valor promedio de la abundancia calculada (1209) daría 0,03 ind/m² de densidad relativa, y si se utiliza el valor máximo calculado de 4200 individuos, en una fecha que se capturaron en la zona tanto hembras como machos, resulta de un valor de 0,1 ind/m². Si el lago de la Albufera y sus canales tienen una extensión aproximada de 2840 ha (Sanjaume *et al.*, 1992), hablaríamos de unas cantidades de 3 millones de cangrejos utilizando el valor máximo, y 860 mil utilizando la media. Todo esto siempre suponiendo que el entorno sea homogéneo y teniendo en cuenta que se han utilizado datos de la Gola donde las condiciones son muy diferentes a las del parque compuertas adentro.

Hines (2007) indica que los hábitats de fondo blando se caracterizan típicamente por una baja abundancia de cangrejos en fondos fangosos y arenosos. En la bahía de Chesapeake de la densidad relativa de cangrejos varía de 0.08 a 0.63 ind/ m² en la parte superior de la bahía y 0.02 a 0.36 ind/ m² en la parte baja de la bahía (Hines 2007). En otro estudio de la bahía de Chesapeake (Sharov *et al.*, 2003) entre los años 1990 y 1999 la densidad relativa no mostró ninguna tendencia específica a largo plazo y fluctuó de 0,06 a 0,16 ind/ m² con una media general de 0,11 ind/ m², la abundancia absoluta estimada del cangrejo azul en esta zona de unos 11000 km² fluctuó ampliamente de 241 millones a 867 millones con los años. En el estudio de Villegas *et al.* (2017) al norte de Yucatán, utilizando también el modelo Jolly-Seber, la densidad media estimada fue de 0,0365 ind/ m²; mientras que en el estudio de Fitz y Wiegert (1992) en un estuario de Georgia, con el mismo modelo, la densidad media estimada fue de 0,2 ind/ m², reportando unas cantidades entre 150 mil y 200 mil cangrejos en 112 ha.

La densidad de ejemplares calculada en el periodo de estudio se encuentra entre 0,008 y 0,1 ind/m², siendo inferiores que en los estudios de la bahía de Chesapeake y de Georgia, pero siendo similares a los de la zona de Sisal. A pesar de los grandes intervalos de confianza los resultados no son muy diferentes a otros estudios con condiciones similares como Sisal, por lo que sería posible estimar una cantidad promedio cercana a 1 millón de ejemplares para la zona de la Albufera. Se necesitaría de más estudios de captura-recaptura y en más zonas de la Albufera para una mejor estimación de la abundancia y con periodos de tiempo más largos para conocer sus tasas de reclutamiento y supervivencia.

Con los datos de pesca aportados por la Cofradía de Pescadores del Palmar (Figura 5.1), se observa que durante los meses, de octubre a diciembre, donde la intensidad pesquera es la misma debido a que es cuando calan las paradas (sistema de redes y mornells utilizados por los pescadores para la captura de anguilas), los kg de cangrejo capturado han aumentado considerablemente en los 2 últimos años. De enero a mayo

a pesar de estar montadas estas paradas las capturas de cangrejo azul son muy escasas.

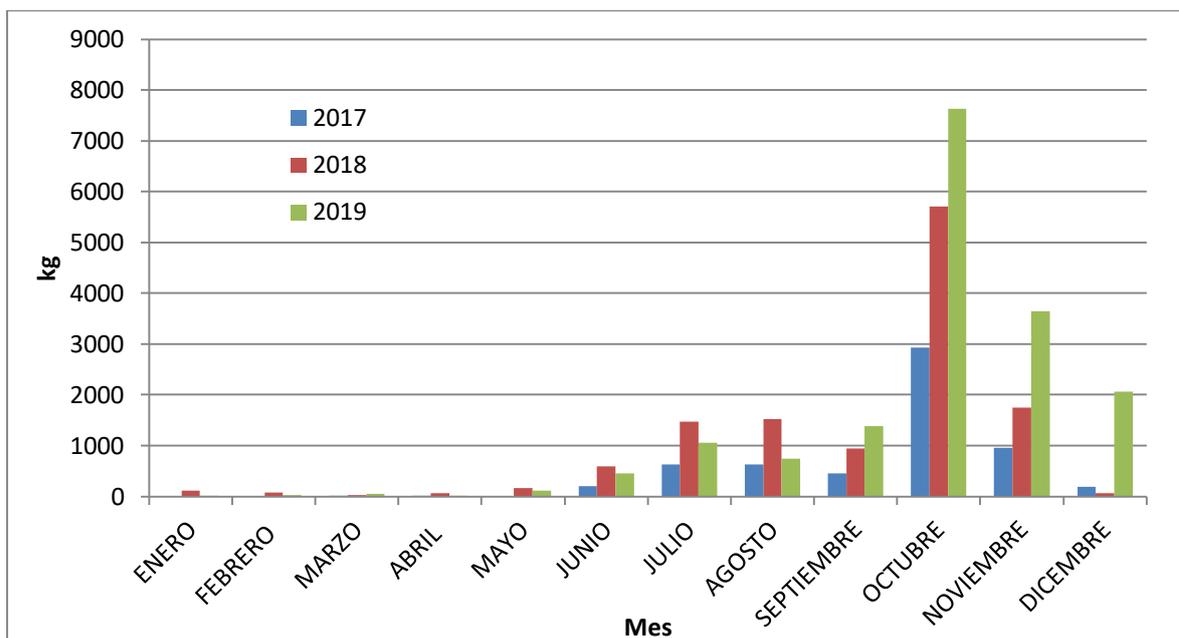


Figura 5.1: Kilogramos capturados por los pescadores de la Cofradía del Palmar durante los meses de abril a diciembre de los 3 últimos años.

5.2 USO DE HÁBITAT

Aunque las zonas A y P presentan características similares en salinidad, tipo de fondo y vegetación se observaron diferencias significativas en el tamaño de los ejemplares capturados además de observarse distinta proporción de sexos (Figuras 4.1 y 4.2). Pareciéndose más en estructura poblacional la zona A con la zona G, aunque esta tenga una salinidad superior y sin vegetación palustre.

En la zona G fue donde se capturaron principalmente los tamaños más pequeños del estudio y en especial de hembras inmaduras. Esto es debido a que el crecimiento y la talla de maduración están relacionados con la temperatura y la salinidad, como se explica en el estudio de Fisher (1999). Menciona que el mayor crecimiento de los cangrejos se produce a temperaturas entre 20 y 27°C y a mayor temperatura el periodo para alcanzar la madurez es menor. Por otro lado la salinidad esta correlacionada negativamente ya que a menor salinidad el crecimiento es mayor, debido a que los cangrejos son osmorreguladores, y las zonas con agua de baja salinidad facilitarían su absorción a través del gradiente osmótico (Fisher, 1999). Debido a que la diferencia principal de estos factores entre las zonas fue la salinidad, más alta en la Gola (Tabla 4.1), las hembras de esta zona crecieron a un ritmo menor y alcanzaron la madurez con una talla más pequeña. Mientras que en las zonas menos salinas (A y P) se capturaron hembras inmaduras más grandes (Figura 5.2).

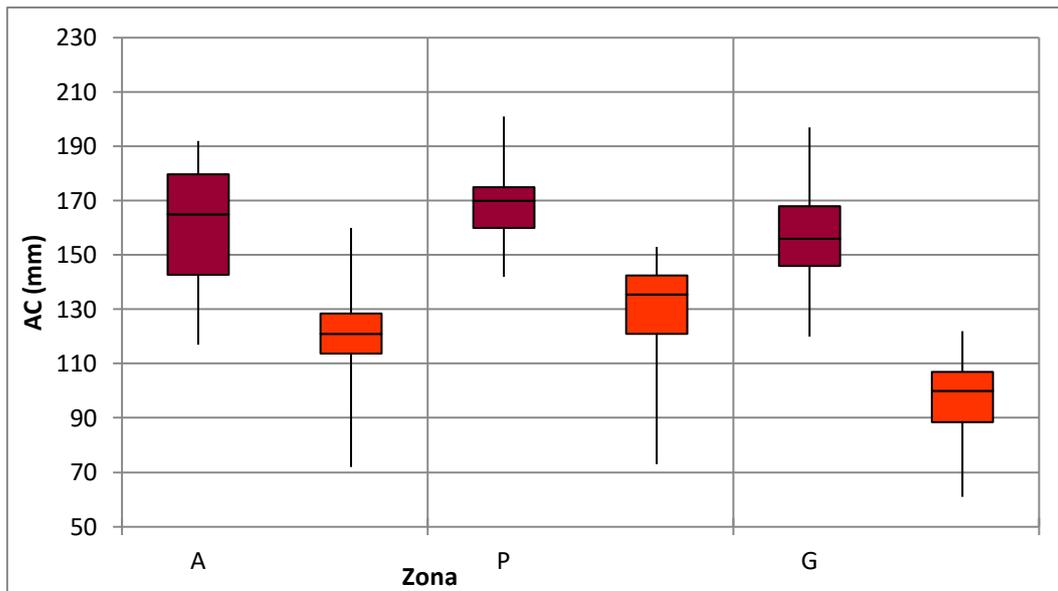


Figura 5.2: Diferencia de tamaño en las zonas entre las hembras maduras (morado) e inmaduras (naranja)

En este estudio, en las 3 zonas estudiadas, el porcentaje de hembras ha sido superior al de machos. El estudio previo de Mocholi (2017), que trabajó en el lago, las acequias y las golas de la Albufera de Valencia, encontró que en las zonas coincidentes, las acequias (zonas A y P en este estudio) y las golas (Zona G), porcentajes de hembras y machos diferentes a este estudio. Las hembras tenían la misma proporción (50%) en las acequias en el 2017, sin embargo, ahora se ha incrementado la proporción de hembras. En las golas en 2017 las hembras tenían una proporción del 70% que en este estudio ha quedado reducida al 57%. Las proporciones obtenidas en este trabajo muestran que tanto las zonas de las acequias y las golas corresponden a zonas compartidas entre ambos sexos. Mientras que muy probablemente será el lago la zona con dominancia de machos, más lejos de las zonas con acceso al mar.

Los estudios de la bahía de Chesapeake de Hines (1990; 2007) indican que los machos permanecen dispersos en las zonas altas del estuario sin migrar corriente abajo a través del gradiente salino a diferencia de las hembras. Los estudios de Gosner (1978) y Hines (2007) mencionan que los ejemplares adultos pueden migrar hacia el mar en los meses de invierno, tanto hembras como machos, buscando aguas más profundas que conservan mejor la temperatura o asentarse en los sedimentos del fondo del estuario a medida que las temperaturas del agua caen por debajo de aproximadamente 10°C. Sin embargo en el presente estudio se han registrado casos de machos desplazándose de la zona de la Plana a la Gola en los meses de verano, probablemente siguiendo a hembras maduras ya que se capturaron durante su migración. Igualmente se registraron ejemplares machos recapturados en la misma zona de suelta unos 50 días después de su marcaje, en teoría permaneciendo todo este tiempo en la misma zona en la que fue soltado. Se ha observado que las chapas utilizadas para el marcaje dejan huellas en el caparazón de los cangrejos (Figura 4.17), al menos en ambientes salinos y tras 48 días de su liberación.

Los datos registrados indican una primera migración de hembras maduras a finales de junio y principios de julio, con permanencia en la Gola mientras maduran los huevos ya que se registró un aumento de capturas a principios de agosto, un mes después que en la Plana (Figuras 4.7 y 4.8). Por la proximidad del mar con la zona de agua dulce, en la que no hay apenas zona de transición a consecuencia de las compuertas, pueden pasar de la zona de la Plana al mar en 2 días, como la hembra marcada registrada (Figura 4.16) o incluso menos ya que hay registros de ejemplares que se han desplazado 13 km en un día (Aguilar *et al.*, 2005). De esta primera migración procederían las megalopas y juveniles capturados en la Gola 3 meses después, en el mes de octubre, que es el tiempo que necesitan para llegar a estas fases tras el desove (Millikin & Williams, 1984).

A principios de octubre se registró otro pico de hembras capturadas en la Gola, pudiendo ser una segunda migración para desovar como ocurre en otras zonas (Tavares, 2002; Aguilar *et al.*, 2005; Hines, 2007). Después del descenso de capturas de hembras maduras en la Gola a mediados de octubre, sucedió una subida de capturas de hembras inmaduras y un aumento de hembras maduras en la Plana.

En cuanto a la presencia de megalopas y juveniles (<2 cm) en la Gola concuerda con otros estudios en los que después del desarrollo larval en aguas salinas entran en aguas salobres poco profundas para alimentarse (Millikin & Williams, 1984). En la bahía de Chesapeake los juveniles pueden ser abundantes en zonas de baja salinidad donde encuentran refugio de depredadores y alimento en la vegetación (Hines *et al.*, 1987; Hines, 2007), pero en este caso la vegetación cerca del club náutico es completamente nula a excepción de algunas manchas de algas filamentosas en las paredes de los pantalanés, y no se detectó la presencia de megalopas ni de juveniles en la zona de la Plana, donde encontrarían vegetación palustre y macrófitos. Es probable que su desplazamiento ocurriera después del muestreo o incluso durante este pero no fueran detectados. Sin embargo la época en la que se presentan estas fases de *C. sapidus* no concuerdan con otros estudios en la que su presencia en hábitats salobres es mayor a finales de otoño i en primavera (Fitz & Wiegert, 1992) o invierno (Hines, 2007), aunque en la zona del golfo de México se ha detectado entrada de megalopas entre septiembre i noviembre (Weatherall *et al.*, 2018) como ocurre en el presente estudio. El cierre de las compuertas de las golas a finales de septiembre mantuvo la salinidad constante alrededor de 30 psu en el mes de octubre cuando se detectaron estas fases.

5.3 PROPUESTAS DE GESTIÓN

Para el control de esta especie en la Albufera mediante la pesca, se podrían aprovechar los periodos migratorios observados intensificando la captura de ejemplares en estas fechas. Las paradas de los pescadores de la CP del Palmar en las entradas de las golas se podrían dejar montadas todo el año, y en junio aumentar el esfuerzo pesquero para capturar la mayor cantidad posible de hembras antes de su

salida al mar, al igual que la captura de juveniles en su entrada a las zonas de agua dulce. Estas paradas se montan en septiembre para la captura de anguilas y con el movimiento de los cangrejos entre octubre-noviembre es cuando se atrapa el mayor número de ejemplares (Figura 5.1), bajando las cantidades drásticamente a mediados de noviembre según datos de los pescadores. Para la realización de esta pesca durante la veda de la anguila (entre mayo y octubre) se deberían cambiar las trampas utilizadas durante el resto del año por otras más selectivas, como la utilización de mornells con una luz de malla superior al final de la trampa, para que las anguilas que entren puedan salir de ellas mientras que los cangrejos se queden dentro (Figura 5.3).

Este foco en la captura de hembras que se desplazan para desovar no hará desaparecer la especie, pero podría ayudar a reducir su expansión si se reduce un porcentaje importante de hembras que se dirigen al mar. Se requeriría de más estudios similares para conocer con mayor exactitud la migración de hembras maduras en la zona de la Albufera y la relación de la temperatura, y así que las medidas de captura a aplicar en un posible programa de seguimiento y control para reducir su número fueran más eficientes, centrándose en los periodos clave.



Figura 5.3: Mornell de plástico duro utilizado para la captura selectiva del cangrejo azul

6. CONCLUSIONES

- El método de marcaje y recaptura implementado ha proporcionado unos resultados satisfactorios con el 14% de recaptura. Sin embargo debido a la intensa pesca del cangrejo por parte de pescadores en verano, será difícil estimar la población para periodos mayores a los semanales.
- Se encontraron diferencias entre las hembras en las diferentes zonas, siendo más pequeñas las hembras inmaduras en la zona de mayor salinidad y con un mayor porcentaje de hembras maduras.
- La migración de las hembras hacia el mar ocurre a finales de junio, con una probable segunda salida en septiembre.
- Se encontró la presencia de juveniles y megalopas en otoño probablemente procediendo de las hembras maduras que iniciaron la migración al mar en junio. La presencia de estas fases en otoño es similar a lo que ocurre en algunas zonas nativas.
- La población de cangrejos de la Albufera y sus conexiones con el mar es intensamente pescada, sin embargo las CPUE muestran que la pesca no afecta al tamaño poblacional por el momento.
- En la zona de estudio del Perelló, que incluye la Plana y la Gola, se ha obtenido una densidad promedio de 300 individuos por hectárea.
- La variabilidad temporal de abundancia en esta zona del Perelló se ve principalmente influenciada por la migración de las hembras.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AVAMET, Associació Valenciana de Meteorologia. *El Perelló*.
<https://www.avamet.org/mx-fitxa.php?id=c21m235e03> [Consulta: 6 de noviembre de 2019]
- Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. *Banco de Datos de Biodiversidad*.
<http://bdb.cma.gva.es> [Consulta: 21 de octubre de 2019]
- Aguilar, R., Hines, A., Wolcott, T., Wolcott, D., Kramer, M., & Lipcius, R. (2005). The timing and route of movement and migration of post-copulatory female blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, from the upper Chesapeake Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 319, 117-128.
- Bauer, L. J. (2006). *Winter mortality of the blue crab (Callinectes sapidus) in Chesapeake Bay*. Tesis, Universidad de Maryland, Marine and Environmental Sciences, College Park.
- Blanco, S., & Romo, S. (2006). Ictiofauna del Lago de la Albufera de Valencia: Evolución histórica y situación actual. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biología*, 101(1-4), 45-56.
- Carrozzo, L., Potenza, L., Carlino, P., Constantini, M. L., Rossi, L., & Mancinelli, G. (2014). Seasonal abundance and trophic position of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 in a Mediterranean coastal habitat. *Rendiconti Lincei*.
- Castejón, D., & Guerao, G. (2013). A new record of the American blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae), from the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. *BioInvasions Records*, 2, 141-143.
- Centro de Conservación de Especies Dulceacuícolas de la Comunitat. (2017). *Balance de actividades*.
- Falcón López, L. (2019). *Ecología trófica y parasitofauna gastrointestinal de tres especies de teleósteos exóticos y el cangrejo azul (Callinectes sapidus) en l'Albufera de València*. Trabajo Final de Master, Universitat de València, Facultat de Ciències Biològiques, Valencia.
- Fisher, M. R. (1999). Effect of Temperature and Salinity on Size at Maturity of Female Blue Crabs. *American Fisheries Society*, 128, 499-506.
- Fitz, H. C., & Wiegert, R. G. (1992). Local population dynamics of estuarine blue crabs: abundance, recruitment and loss. *Marine Ecology Progress Series*, 87, 23-40.
- Gil Fernández, A. (2018). *Análisis de la dieta de Callinectes sapidus (Rathbun, 1896) en ambientes recientemente invadidos del Golfo de Valencia*. Trabajo Final de

Master, Universitat Politècnica de València, Escola Politècnica Superior de Gandia, Gandia.

- Gosner, K. L. (1978). A Field Guide to the Atlantic Seashore: From the Bay of Fundy to Cape Hatteras. *Peterson Field Guides*, 247-249.
- Hernando, N., Milena, A., Bermudez, A., & Marquez, E. (2015). Estructura de la población del cangrejo rey *Damithrax spinosissimus* en el Caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 39(153), 491-502.
- Hines, A. H. (2007). Ecology of Juvenile and Adult Blue Crabs. En V. S. Kennedy, & L. E. Cronin (Edits.), *Biology of the blue crab* (págs. 575-665). Maryland Sea Grant College.
- Hines, A. H., Jivoff, P. R., Bushmann, P. J., Montfrans, J. v., Reed, S. A., Wolcott, D. L., & Wolcott, T. G. (2003). Evidence for sperm limitation in the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Marine Science*, 187-310.
- Hines, A. H., Lipcius, R. N., & Haddon, M. (1987). Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. *Marine Ecology - Progress Series*, 36, 55-64.
- Hughes, R. N., & Seed, R. (1981). Size Selection of Mussels by the Blue Crab *Callinectes sapidus*: Energy Maximizer or Time Minimizer. *Marine Ecology - Progress Series*, 83-89.
- Krebs, C. (1999). *Ecological Methodology*. Menlo Park: Benjamin Cummings.
- Laughlin, R. A. (1982). Feeding habits of the blue crab, *Callinectes sapidus* rathbun, in the Apalachicola Estuary, Florida. *Marine Science*, 32(4), 807-822.
- López Fernández, M., Piñas, S., & López Ferandez, M. (2008). Macrobioclimas, Bioclimas y Variantes Bioclimáticas de la España Peninsular y Balear, y su Cartografía. *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, Serie Botánica*(17), 229-236.
- Mancinelli, G., Chainho, P., Cilenti, L., Falco, S., Kaporis, 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*, 119, 5-11.
- Mancinelli, G., Glamuzina, B., Petric, M., Carrozzo, L., Glamuzina, L., Zotti, M., . . . Vizzini, S. (2016). The trophic position of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 in the food web of Parila Lagoon (South Eastern Adriatic, Croatia): a first assessment using stable isotopes. *Mediterranean Marine Science*, 17(3), 634-643.
- Mancinelli, G., Guerra, M. T., Alujević, K., Raho, D., & Zotti, M. (2017). Trophic flexibility of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* in invaded coastal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198, 421-431.

- Millikin, M. R., & Williams, A. B. (1984). *Synopsis of Biological Data on the Blue Crab, Callinectes sapidus Rathburn*. FAO Fisheries Synopsis No. 138. NOAA Technical Report NMFS 51.
- Minello, T. J., & Webb, J. W. (1997). Use of natural and created *Spartina alterniflora* salt marshes by fishery species and other aquatic fauna in Galveston Bay, Texas, USA. *Marine Ecology Progress Series*, 151, 165-179.
- 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, Universitat Politècnica de Valencia, Escola Politècnica Superior de Gandia, Gandia.
- Nehring, S. (2011). Invasion history and success of the American blue crab *Callinectes sapidus* in European and adjacent waters. En P. F. Bella S. Galil, *In the Wrong Place - Alien Marine Crustaceans: Distribution, Biology and Impacts* (págs. 607-624).
- Pla Ventura, M., Quiñonero Salgado, S., Hernández Núñez de Arenas, J., Velázquez Cano, J., Risueño Mata, P., & López Soriano, J. (2018). Predation of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 on freshwater bivalves (Unionidae & Corbiculidae) in eastern Iberian Peninsula. *Folia Conchylologica*(47), 3-9.
- Sanjaume, E., Segura, F., Lopez, M., & Pardo, J. (1992). Tasas de sedimentación en l'Albufera de Valencia. *Cuadernos de Geografía*, 51, 63-81.
- Sharov, A., Volstad, J., Davis, G., Davis, B., Lipcius, L., & Montane, M. (2003). Abundance and exploitation rate of the blue crab (*Callinectes sapidus*) in Chesapeake Bay. *Bulletin of Marine Science*, 72(2), 543-565.
- Soria, J. M. (1997). *Estudio limnológico de los ecosistemas acuáticos del Parc Natural de l'Albufera de Valencia*. Tesis Doctoral, Universitat de València, Facultat de Ciències Biològiques, Valencia.
- Soria, J. M., Miracle, M., & Vicente, E. (1987). Aporte de nutrientes y eutrofización de la Albufera de Valencia. *Limnetica*, 3(2), 227-242.
- Taissoun, E. (1973). *Los Cangrejos de la familia Portunidae (Crustaceos Decapodos Brachyura) en el occidente de Venezuela*. Universidad del Zulia, Centro de Investigaciones Biológicas, Maracaibo.
- Tavares, M. (2002). True Crabs. En K. E. Carpenter (Ed.), *The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic* (Vol. 1, págs. 327-342). Roma: FAO.
- Villegas Hernandez, H., Poot Lopez, G. R., Lopez Rocha, J., & Gonzalez Salas, C. (2017). Abundance and catchability estimates of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* based on mark-recapture data from the northern Yucatan Peninsula. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-9.
- Weatherall, T. F., Scheef, L. P., & Buskey, E. J. (2018). Spatial and temporal settlement patterns of blue crab (*Callinectes sapidus* and *Callinectes similis*)

megalopae in a drought-prone Texas estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 214, 89-97.

Zenetos, A., & Streftaris, N. (2006). Alien Marine Species in the Mediterranean - the 100 'Worst Invasives' and their Impact. *Mediterranean Marine Science*, 7(1), 87-118.