

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Master en Eval. Amb. Ecosistemas marinos y Cost.



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

Abundancia de la población del Cangrejo Atlántico Azul (*Callinectes sapidus*) en el entorno de la zona costera de Gandia.

TRABAJO FINAL DE MASTER

Autor/a:

Sara Soler Blanco

Tutor/a:

Silvia Laura Falco Giaccaglia

GANDIA, 2017

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 TAXONOMÍA	2
1.2 DESCRIPCIÓN <i>CALLINECTES SAPIDUS</i>	3
1.3 HÁBITAT	5
1.4 DISTRIBUCIÓN	6
1.5 ECOLOGÍA.....	6
1.5.1 Ciclo de vida.....	7
1.5.2 Reproducción	9
1.5.3 Movimiento	11
1.5.4 Alimentación.....	11
1.5.6 Comportamiento.....	12
1.6 PROBLEMÁTICA ESPECIES INVASORAS	12
2. OBJETIVOS	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	16
3.2 METODOLOGIA.....	17
3.2.1 Captura mediante trampas.....	17
3.2.2 Capturas accidentales.....	21
3.2.3 Análisis ejemplares capturados.....	21
3.2.4 Análisis estadístico de los resultados.....	22
4. RESULTADOS	23
4.1 CAPTURAS MEDIANTE TRAMPAS.....	23
4.1.1 Acequia Universidad	23
4.1.2 Barranco de San Nicolás.....	24
4.1.3 Desembocadura del río Serpis:.....	25
4.1.4 Biometría <i>Callinectes sapidus</i>	25
4.2 CAPTURAS ACCIDENTALES.....	27
5. DISCUSIÓN	29
5.1 CAPTURAS MEDIANTE TRAMPAS.....	29
5.2 CAPTURAS ACCIDENTALES.....	30
5.2.1 Análisis de la estructura de la población de las capturas accidentales	30
5.2.2 Comercialización <i>Callinectes sapidus</i>	34
6. CONCLUSIÓN	35
7. BIBLIOGRAFIA	36

RESUMEN

El cangrejo azul, *Callinectes sapidus* Rathbun (1896), originario de las costas occidentales del Océano Atlántico, ha sido introducido en aguas mediterráneas donde actualmente se considera una especie invasora. Con el presente estudio se pretendió conocer la abundancia de *C. sapidus*, a través de las capturas en 3 puntos de muestreo del entorno costero de Gandia mediante trampas y a través de las capturas accidentales de la zona costera marina mediante redes. Aunque se debe tener precaución al interpretar estos resultados, dado el bajo número de capturas totales, las limitaciones conocidas de las trampas y que no todos los ejemplares capturados en el medio marino fueron entregados para este estudio; en el medio estuarino el porcentaje de machos capturados fue mayor que el de las hembras, a diferencia del medio marino, en el que ocurrió lo contrario. Estos hechos coinciden con la información biológica existente de dicha especie. El mayor conocimiento de la especie y la comercialización de *C. sapidus* podrían ser útiles para el posterior manejo de esta especie invasora.

Palabras clave: *Callinectes sapidus*; cangrejo azul; especie invasora; Gandia.

ABSTRACT

The blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun (1896), originally from the western shores of the Atlantic Ocean, has been introduced into Mediterranean waters where it is now considered an invasive species. The present study aimed to know the abundance of *C. sapidus*, through catches at 3 sampling points of the coastal environment of Gandia by means of traps and through the accidental catches of the marine coastal zone through nets. Although caution should be exercised in interpreting these results, given the low number of total catches, known limitations of the traps and that not all specimens caught in the marine environment were given for this study; in the estuarine environment the percentage of males captured was higher than that of females, unlike the marine environment, where the opposite occurred. These facts coincide with the existing biological information of this species. The greater knowledge of the species and the commercialization of *C. sapidus* could be useful for the later management of this invasive species.

Key words: *Callinectes sapidus*; blue crab; invasive specie; Gandia.

1. INTRODUCCIÓN

Callinectes sapidus (*C. sapidus*), Rathbun (1896), comúnmente conocido como cangrejo azul, es un crustáceo nativo de los estuarios y aguas costeras del Atlántico occidental desde Nueva Escocia (Canadá) hasta Argentina (Nehring 2011), lugares donde se explota comercialmente. Esta especie ha sido introducida en aguas Mediterráneas en 1948, siendo las aguas de lastre el vehículo más probable de introducción (Mancinelli et al., 2014). En las aguas del Mediterráneo español, el primer espécimen de cangrejo atlántico azul fue capturado en noviembre de 2012 en el Delta del Ebro (Castejón y Guerao, 2013).

Este crustáceo decápodo presenta cinco pares de patas y su cuerpo está cubierto de un exoesqueleto de color verde oscuro (Fig.1.1). Las patas (pleópodos) tienen un color gris-azulado, y es esta característica la que le ha dado el nombre común de cangrejo azul.

Habita sobre fondos de fango y arena de aguas litorales, lagunas costeras y ambientes estuarinos, desde la línea de marea hasta los 90 metros de profundidad, aunque prefiere profundidades menores a 35 metros. Se alimenta de una amplia variedad de bivalvos, crustáceos, anélidos, poliquetos, pequeños peces, material vegetal, detritus y carroña.

1.1 TAXONOMÍA

En la siguiente tabla (Tab. 1.1) podemos observar la clasificación taxonómica de *C. sapidus* (Fig.1.1).

Tabla 1.1: Clasificación taxonómica *C. sapidus*

Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Arthropoda</i>
Subfilo	<i>Crustacea</i>
Clase	<i>Malacostraca</i>
Orden	<i>Decapoda</i>
Suborden	<i>Pleocyemata</i>
Infraorden	<i>Brachyura</i>
Superfamilia	<i>Portunoidea</i>
Familia	<i>Portuninae</i>
Subfamilia	<i>Portuninae</i>
Género	<i>Callinectes</i>
Especie	<i>C. sapidus</i>



Figura 1.1. Ejemplar *C. sapidus*.

1.2 DESCRIPCIÓN *CALLINECTES SAPIDUS*

Las características generales de *C. sapidus* descritas por Taisoun (1970) son las siguientes: el caparazón con dos dientes frontales, anchos y triangulares, sub-agudos, con las extremidades casi rectangulares, leves indicaciones de un par mediano de denticulos en la parte interna y oblicua de los dientes frontales. Apéndices sexuales del macho alcanzan la extremidad del abdomen, aproximadamente en su mitad basal con una ligera curva hacia a fuera, porción distal ampliamente divergente, excepto en las puntas. El abdomen de la hembra adulta muy ancho, con los márgenes del tercer, cuarto y quinto segmento convexos; el último segmento más largo que ancho.

La anchura del caparazón del macho es de 21/5 a 21/2 veces más ancho que largo, algo convexo, con gránulos pequeños en la región cardiaca y regiones branquiales internas y otras menos visibles y esparcidas en la mitad interna del caparazón. El caparazón del *C. sapidus* puede crecer hasta un ancho de 230 mm.

Ocho dientes antero-laterales, algo cóncavos en los márgenes. La espina lateral en los machos es de 3 a 4 veces la longitud de los dientes precedentes. El diente supra-orbital interno amplio y ligeramente dividido. De las fisuras superiores de la órbita externa es más corta que la interna, ambas se cierran excepto en la extremidad anterior, donde tienen una abertura en forma de V. Los dientes externos de las órbita alargados, triangulares, agudos, el diente interno sub-ordinal agudo.

Los lados de la muñeca y manos poseen gránulos pequeños y casi invisibles, en cambio en la parte inferior, y en gran parte de la palma se atrofian.

En los ejemplares juveniles, pequeños y medianos los gránulos son más distinguibles en la mitad anterior del caparazón y en los lados de la muñeca y mano. Los dientes antero-laterales más anchos, con márgenes más o menos convexos, dientes sub-orbitales internos más anchos y obtusos. Apéndices sexuales más cortos en los especímenes de mayor tamaño.

En la hembra juvenil el abdomen es triangular y sellado al cuerpo (Fig.1.2), en cambio la hembra adulta lo posee casi semicircular y libre de la parte ventral el animal (Fig.1.3). El macho juvenil se diferencia del adulto en que el abdomen está estrechamente adherido a la superficie ventral del tórax mientras que en el macho apareador el abdomen está libre o se encuentra sostenido en su sitio por un par de pequeños tubérculos en la parte interna (Fig. 1.4).

El caparazón tiene dorsalmente un color verde azulado, con variados tintes de blanco grisáceo o blanco crema. La parte superior de las patas ambulatorias, el merus, el carpus y los quelípedos del primer par de apéndices son de color azul violáceo, con regiones de verde marrón. Los tubérculos de las articulaciones de las patas ambulatorias y nadadoras son anaranjados. La espina del merus del primer par de apéndices es azul violeta en su base y blanco grisáceo en el vértice.

Las hembras se diferencian de los machos porque presentan un color anaranjado más intenso y extendido en las patas y articulaciones, algunas veces la región ventral presenta tintes amarillos o rosados. La tonalidad azul se deriva de una serie de pigmentos en la cáscara, incluyendo el alfa-crustacyanina, que interactúa con un pigmento rojo, la astaxantina, para formar una coloración azul verdosa. Cuando se cocina el cangrejo, el alfa-crustacyanina se rompe, dejando sólo la astaxantina, que cambia su color a un rojo anaranjado o un rosa fuerte.



Figura 1.2. *C. sapidus* hembra juvenil. Foto propia



Figura 1.3. Ejemplar *C. sapidus* hembra. Foto propia



Figura 1.4. Ejemplar *C. sapidus* macho. Foto propia

1.3 HÁBITAT

Su hábitat preferido son las zonas costeras poco profundas del complejo estuarino, con fondos fangosos y fango-arcilloso, pero soportan una amplia variación de las condiciones ambientales, desde agua dulce, hasta lagunas hipersalinas, amplitudes de temperatura que van desde 3 °C hasta 35 °C, e igualmente están presentes en aguas someras o en zonas con profundidades de 90 m.

Los cangrejos azules viven en zonas principalmente estuarinas, zonas con vegetación acuática sumergida, tanto para refugiarse de la depredación, sobre todo los jóvenes y en momentos de muda, además de por sus recursos alimenticios. Sin embargo, existen estudios donde se demuestra que los cangrejos azules al parecer utilizan hábitats de cría alternativos, tales como detritus superficiales y marismas de agua salada (Minello y Webb, 1997).

Hines (2003) habla acerca de la evidencia de que existen otros hábitats críticos para *C. sapidus*, además de las zonas con vegetación acuática sumergida que son necesarios para otras etapas de la vida del cangrejo azul. Se presenta la evidencia de que los bivalvos son un recurso alimenticio crucial para los cangrejos azules que proporcionan un punto clave en el control de la distribución y abundancia de cangrejo. A su vez, la abundancia de bivalvos parece estar asociada con los aportes de carbono detríticos, por lo tanto, los hábitats sin vegetación que se encuentran cerca de los pantanos y que se caracterizan por alta densidad de bivalvos, parecen ser fundamentales para las poblaciones de cangrejo azul.

Dentro de los factores que limitan su crecimiento y supervivencia se encuentran la poca disponibilidad de alimento, la depredación por otros organismos, el deterioro del hábitat, ya que limita su refugio, la alimentación y la acumulación de contaminantes en el sedimento, dado su carácter bentónico, mientras que dentro de los parámetros ambientales físicos y químicos del agua la que mayor influencia

ejerce en su distribución son; la salinidad, las altas temperaturas y la disminución del oxígeno disuelto (Hines, 2003).

Otros parámetros ambientales que influyen en su abundancia y distribución son las precipitaciones y las sequías, por su relación directa con la salinidad y por otro lado los eventos meteorológicos fuertes, por la destrucción que causan del hábitat.

1.4 DISTRIBUCIÓN

El cangrejo azul americano, es nativo de los estuarios y aguas costeras del Atlántico occidental. En el siglo XX, la especie ha sido reportada desde el Atlántico oriental (Desde el Mar del Norte a Portugal), el Mar Báltico, el Mar Mediterráneo y las aguas japonesas.

La especie es conocida como invasora en las costas atlánticas europeas desde principio de siglo XX, según Nehring (2011), el primer registro del cangrejo azul de Europa fue recogido en 1900 en la costa atlántica francesa. Posteriormente se detectaron especímenes en el Mar del Norte (1932), en el Mar Mediterráneo (1949) en el Mar Báltico (1951), en el Mar Negro (1967) y posiblemente en el Mar de Azov (1967). En 1978 también se recogió a lo largo de las costas portuguesas (Castejón y Guerao, 2013).

Más tarde la especie ha sido ampliamente registrada en el Mediterráneo, especialmente en su cuenca oriental (Nehring, 2011). Los primeros registros datan de 1948 en Grecia en el Mar Egeo, donde la especie es actualmente abundante. Contrariamente a esto, en la literatura científica, se disponía de datos limitados sobre la presencia de esta especie en las costas jónicas, aunque su ocurrencia estaba documentada desde 1949 en Italia, 2004 en Croacia, y 2008 en Albania cerca de la frontera con Montenegro (Perdikaris et. al., 2016).

En España las primeras capturas fueron entre 2012 y 2013 en el Delta del Ebro, como informaron Castejón y Guerao (2013), pero su potencial invasor ha llevado a que siga colonizando otras zonas como el Levante, donde se realizó su primera captura en 2014, en la Albufera de Valencia, desde donde entonces tanto el número y la ubicación de las capturas ha ido en aumento.

1.5 ECOLOGÍA

Según Hines (2003), existen complejas interacciones ecológicas entre juveniles y adultos que incluyen un amplio movimiento entre hábitats estuarinos irregulares, fuentes diferenciales de mortalidad y el uso cambiante de recursos para la búsqueda de alimentos, refugio, muda / crecimiento y reproducción.

Después de un período inicial de crecimiento, alrededor de instar 7 (aproximadamente 20 mm ancho de caparazón), en sus hábitats de asentamiento en la zona polihalina, los cangrejos azules juveniles se dispersan a lo largo del estuario. Los mecanismos desencadenantes, las rutas y el comportamiento de la dispersión posterior al asentamiento son poco conocidos. La dispersión posterior al asentamiento permite a los juveniles explotar rápidamente hábitats en las zonas altas de los estuarios, donde los recursos alimenticios parecen ser ricos y la

diversidad de depredadores relativamente baja comparada con las regiones de salinidad más alta (Hines et al., 1987). Los juveniles experimentan un mayor crecimiento en la cabecera del estuario, en un período de 1-2 años para alcanzar la madurez, dependiendo del tiempo de asentamiento y la latitud del sitio.

Como antecedente se conoce que en la Bahía de Chesapeake, Estados Unidos (Hines 2003), el apareamiento ocurre a fines de la primavera o en verano a través del estuario, mientras que en las latitudes más bajas el apareamiento ocurre desde el comienzo de la primavera hasta el verano. Tras el apareamiento, las hembras migran a la desembocadura del estuario, posteriormente producen huevos en aguas con alta salinidad, liberando las larvas para su dispersión hacia el mar.

Dependiendo del tamaño del estuario, la latitud y la severidad del invierno, los machos y juveniles pueden moverse distancias cortas a pasar el invierno en aguas profundas, mientras que las hembras pueden migrar hasta 250 km hasta las aguas de alta salinidad, para el desove. La mayoría de las hembras ponen huevos de dos a nueve meses después del apareamiento. Las larvas eclosionan en la columna de agua desde finales de la primavera hasta el otoño. Este patrón de dispersión juvenil y el movimiento migratorio adulto, dan como resultado que los cangrejos dividan el hábitat estuarino por tamaño, estado de maduración, y madurez sexual (Hines et al., 1987).

Entre los depredadores naturales de *C. sapidus* se incluyen anguilas, rayas, truchas, algunos tiburones, rayas nariz de vaca etc.

El cangrejo azul es una especie de crustáceo omnívoro, ya que come plantas y animales. Normalmente consume bivalvos de concha fina, anélidos, pequeños peces, plantas y casi cualquier otro elemento que pueda encontrar, incluyendo carroña, otros individuos de *C. sapidus* y residuos animales.

1.5.1 Ciclo de vida

El ciclo de vida del cangrejo azul consta de cinco fases: huevo, 1^{er} estado larval (zoea), 2^{do} estado larval (megalopa), juvenil y adulto. Es una especie con un ciclo de vida corto (aproximadamente 3 años), pudiendo alcanzar la madurez sexual al año de edad, con una talla de primera maduración aproximada entre 7-8 cm.

En la siguiente figura (Fig. 1.5) podemos observar de forma más detallada el ciclo de vida de *C. sapidus*:

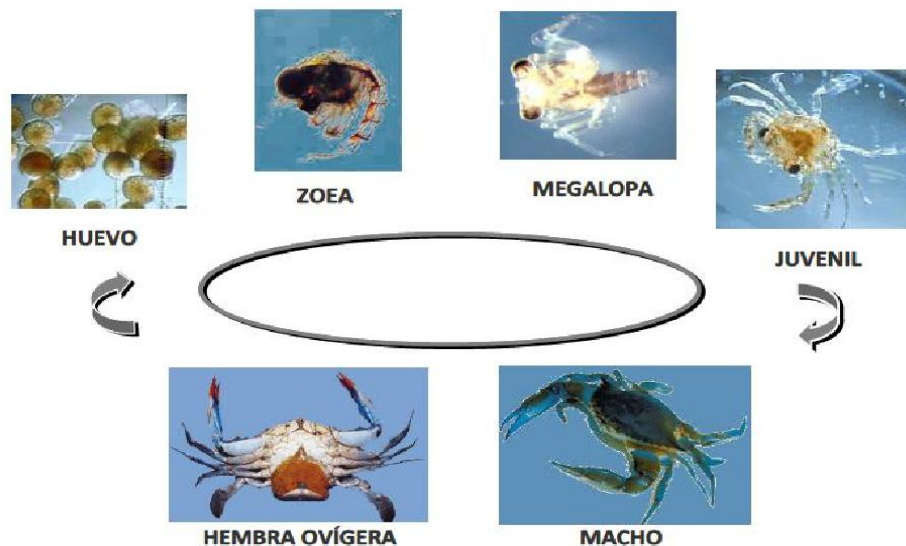


Figura 1.5. Ciclo de vida *C. sapidus*.

1. Huevos: Los huevos permanecen estrechamente unidos al abdomen de la hembra durante aproximadamente 2 semanas. La inicial esponja naranja se vuelve progresivamente más oscura a medida que los embriones en crecimiento desarrollan ojos.

Las 2 fases larvales presentan características planctónicas (forman parte del conjunto de organismos transportados por las corrientes marinas).

2. Zoea: Tras la eclosión de cangrejos larvales, se parecen más a los camarones. Son planctónicos y emplean corrientes para comenzar a moverse.

3. Megalopa: Después de 8 etapas de zoea, las larvas se transforman en una megalopa, similares a la langosta.

4. Juvenil: La etapa juvenil de ambos sexos se desarrolla en la zona costera, son animales diminutos que pueden nadar o caminar por el fondo, pero presentan características bentónicas en aguas poco profundas donde utilizan el pasto marino como refugio de sus depredadores.

4. Adultos: Finalmente se convierten en adultos y desarrollan hábitos bentónicos y nectónicos. Inmediatamente después de una muda terminal, las hembras maduras tienen una sola oportunidad de copular con un macho adulto. Ella almacenará su esperma en recipientes que le permitan producir múltiples crías en el futuro. Las hembras maduras migran a aguas de salinidad más alta, donde producen una masa densa de color naranja de huevos (una esponja). Pueden producir hasta 14 millones de huevos.

1.5.2 Reproducción

Como el resto de los crustáceos son ovíparos. Se reproducen en aguas próximas a las costas en primavera y en verano. En cuanto al sexo, los cangrejos azules son organismos dioicos (sexos separados) con dimorfismo sexual externo e interno, la diferencia entre el macho y la hembra se determina fácilmente por la forma de su abdomen.

Las hembras en la etapa púber presentan un abdomen en forma triangular (Fig. 1.2) que cambia a semicircular cuando alcanza la madurez sexual (Fig. 1.3); los machos siempre presentan un abdomen en forma de T invertida (Fig. 1.4).

La reproducción del cangrejo azul presenta características especiales puesto que las hembras sólo se aparean una vez en su vida y lo hacen cuando una hembra inmadura (pre-pubescentes) va a pasar a hembra madura.

Las hembras en maduración o listas para la muda de reproducción liberan una feromona para atraer al macho, éstos tienden a competir entre sí y el que es aceptado asume una acción protectora colocándose detrás de ella y sosteniéndola con sus muelas y patas ambulatorias, la lleva durante varios días debajo de él hasta que la hembra está lista para mudar, se separan y antes de que se endurezca el nuevo caparazón se unen nuevamente y empieza la cópula por su parte ventral, después de realizada la cópula, los machos se quedan junto a la hembra y continúan arrullándola hasta que el caparazón se endurece de nuevo.

Los cangrejos azules copulan entre 5 y 12 horas, el esperma es guardado en la espermoteca (receptáculo seminal) de la hembra, el que permanece viable en ella hasta un año. Cada hembra tiene un par de ovarios; uno de los ovarios madura completamente dos meses después de la cópula, los óvulos son fecundados con parte de los gametos del espermatóforo y ocurre la fecundación de los huevos. El esperma restante es utilizado para garantizar futuras fecundaciones. La hembra retiene los huevos fecundados en su abdomen durante semanas hasta que eclosionan.

Esta especie tiene un alto poder reproductor (700 mil a 2 millones de huevos) y un índice de supervivencia bajo. Después de realizada la cópula las hembras migran hacia las zonas de mayor influencia marina donde las salinidades son altas y estables (36.0‰), esto se debe a que la regulación osmótica en las hembras es menos eficiente que en los machos y que las larvas requieren de salinidades altas para la eclosión de los huevos, pero de forma general se ha comprobado que los cangrejos azules pueden osmorregularse y tolerar salinidades extremas. Los machos permanecen en la costa, preferentemente en las áreas cercanas a los ríos y esteros buscando salinidades bajas.

Posteriormente las hembras proceden al desove, después de un mes de apareamiento las hembras ponen una masa de huevos de color naranja, los cuales están adheridos a los pelos finos del abdomen, se le llama "hembra ovígera" (Fig. 1.6). Después de un tiempo variable, los huevos cambian a color marrón, lo cual indica que pronto van a salir (Fig. 1.7).



Figura 1.6. Ejemplar *C. sapidus* hembra ovígera. Foto propia



Figura 1.7. Ejemplar *C. sapidus* hembra ovígera. Foto propia

Por lo tanto podríamos decir que la migración de las hembras implica dos fases:

- Fase I: implica el movimiento de hembras inseminadas hacia la desembocadura del estuario, desde el área de apareamiento hasta salinidades más altas, donde puede iniciarse la incubación de los huevos.
- Fase II: implica el movimiento de hembras incubadoras para eclosionar sus huevos en la boca del estuario o en mar abierto.

1.5.3 Movimiento

Los cangrejos azules presentan un ciclo de vida migratorio. Las hembras maduras inseminadas migran por el estuario hacia su desembocadura, para regresar a altas salinidades, para incubar y que eclosionen los huevos (Van Engel, 1958), dando lugar a larvas zoeas planctónicas. Las larvas zoea dan lugar a megalopas que se transforman finalmente en juveniles nadadores, cuando alcanzan unos 2 cm en la instar J6-J7, se vuelven más bentónicos y buscan, ya en el estuario, zonas cubiertas por vegetación que supone una protección frente a los depredadores.

Los juveniles se dispersan hacia zona con baja salinidad para alimentarse y crecer, a menudo alcanzando la madurez en la cabecera del estuario. Los juveniles también se pueden desplazar debido a tormentas, movimientos de agua, destrucción del lecho estuarino etc.

1.5.4 Alimentación

Respecto a su posición trófica parece que son depredadores, especímenes activos y voraces, fundamentalmente se alimentan de bivalvos, peces, pequeños crustáceos y larvas, así como plantas entremezcladas con arena y desechos necesarios para la formación de su caparazón. Presentan gran variabilidad en su dieta según la época del año, la localidad y su estado fisiológico, pudiendo consumir entre 6 - 10% de su peso corporal cada día.

Cuando están próximos a mudar dejan de alimentarse y comienzan a absorber agua en una proporción de casi el 70% de su peso y así, la presión hidrostática, conjuntamente con el movimiento de sus músculos, producen la rotura de su viejo caparazón.

Además presentan dos pares de antenas que le sirven para captar las vibraciones en el agua (tanto de depredadores como de sus presas) y los estímulos químicos de sustancias disueltas en la misma, lo que los hace muy sensible a cebos o carnadas.

Sus principales depredadores son el pulpo, el tiburón gata y diferentes clases de peces, aves y mamíferos, pero su depredador más peligroso es el hombre, que hasta lo utiliza como carnada para capturar otros organismos. Cuando están en cautiverio (arte de pesca), presentan hábitos caníbales.

1.5.5 Mortalidad:

La mortalidad de *C. sapidus* según Hines (2003) también puede ser difícil de evaluar debido a los impactos variables de estrés fisiológico en los estuarios, y debido a las enfermedades de los cangrejos son poco conocidas. El canibalismo es reconocido como una fuente importante de mortalidad juvenil. Más del 92% de la mortalidad se atribuyó al canibalismo (Ruiz et al., 1993).

A pesar de que los cangrejos buscan refugios especiales, tales como los estuarios y zonas con vegetación acuática sumergida, para la ecdisis (muda del exoesqueleto), momento en el que son altamente vulnerables a los depredadores (Hines et al., 1987).

Como cita Hines (2003), la mortalidad de los cangrejos en la muda, se cree generalmente que es alta. Prácticamente no hay estimaciones cuantitativas de la mortalidad durante la muda, probablemente debido a que la mortalidad es

técnicamente difícil de estimar de forma realista o incluso comparativamente para los organismos que arrojan sus exoesqueletos. Otras causas que aumentan la tasa de mortalidad del cangrejo azul son, la bajas temperaturas en latitudes altas en invierno, ya que el invierno limita las poblaciones de cangrejo azul, pérdida de vegetación acuática sumergida, limitación de oxígeno por eutrofización debido al aumento de la carga de nutrientes, los cambios en la salinidad de las aguas en épocas de sequía, y la presión por el aumento de la pesca. Así que como podemos observar la temperatura y la salinidad influyen de forma significativa en la etapa de la vida de estos crustáceos, especialmente para las hembras maduras que migran a zonas con mayor salinidad en el avance de la producción de cría. La enfermedad en estos crustáceos puede ser otra fuente importante de mortalidad, de la cual no existen muchos datos. En particular, la enfermedad causada por el parásito de la sangre *Haematodinium* spp., al cual los cangrejos azules son más vulnerables cuando están bajo estrés por contaminación (Hines 2003).

1.5.6 Comportamiento

Hines (2003) menciona la existencia de un diferente comportamiento entre los juveniles y los adultos, ya que los adultos son más bentónicos con lo que su movimiento es menor. Los cangrejos azules se encuentran influenciados por otras variables que no son tan evidentes como la muda y/o el ciclo de vida, como puede ser el nivel de hambre y la capacidad reproductiva de los buenos ejemplares, por lo que es importante considerar todos estos factores a la hora de estudiar su comportamiento.

1.6 PROBLEMÁTICA ESPECIES INVASORAS

El cangrejo azul, como hemos comentado con anterioridad, es una especie procedente de las costas occidentales del Océano Atlántico (Mancinelli et al., 2014) y que actualmente se considera una especie invasora (Zenetos et al., 2005).

En cuanto al Mar Mediterráneo, la especie se ha registrado y ha establecido positivamente poblaciones en 12 países., la cual es una tasa de establecimiento excepcionalmente alta en esta región, así como los impactos negativos reportados hacia los ecosistemas costeros invadidos y las actividades pesqueras relacionadas.

En las aguas del Mediterráneo español, el primer espécimen de cangrejo atlántico azul fue capturado en noviembre de 2012 en el Delta del Ebro (Castejón y Guerao, 2013). En la Albufera de Valencia, la Comunidad de Pescadores “El Palmar” capturó el primer individuo en octubre de 2014, coincidiendo con el inicio de la temporada de pesca de las anguilas en la laguna. También, entre 2014 y 2015, comenzaron a registrarse ejemplares de cangrejo azul en más localizaciones de la costa valenciana como puerto de Valencia, Estany de Cullera, Brosquil, Tavernes, Gandia, Oliva. En la provincia de Alicante, en diciembre de 2014 un individuo macho de *C. sapidus* fue recogido en la desembocadura del río Segura en el suroeste Español (González-Wangüemert y Pujol, 2016). También se han encontrado ejemplares en la costa murciana principalmente en el Mar Menor (González-Wangüemert y Pujol, 2016, Mancinelli et al, 2017) siendo principalmente fruto de capturas accidentales que realizaban los pescadores y

que eran notificadas a través de las cofradías. Estas capturas, implicarían que *C. sapidus* está creando poblaciones permanentes en esta zona, tal como se registró en otras regiones del Mar Mediterráneo (Mancinelli et al., 2013).

C. sapidus es una especie foránea que posee un alto potencial invasivo, según Strefaris y Zenetos (2006), esta especie se encuentra seleccionada como una de las 100 “especies peores” invasoras en el Mediterráneo, a pesar, de que como afirman Mancinelli et al. (2014), la mayoría de los informes sobre la presencia de esta especie el Mediterráneo y, en aguas europeas generales se han basado en capturas limitadas numéricamente.

A nivel nacional, prestamos atención al **Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre**, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras, donde *C. sapidus* aparece dentro del Listado de especies exóticas con potencial invasor (Anexo II), y en el que se cita textualmente:

“En el Listado se incluyen las especies exóticas susceptibles de convertirse en una amenaza grave por competir con las especies silvestres autóctonas, alterar su pureza genética o los equilibrios ecológicos y aquellas especies exóticas con potencial invasor, de acuerdo con el artículo 61.4 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, en especial las que han demostrado ese carácter en otros países o regiones, con el fin de proponer, llegado el caso, su inclusión en el Catálogo. Así mismo, se incluyen en el Listado las especies consideradas como exóticas invasoras en disposiciones o normas de ámbito nacional o europeo y en instrumentos internacionales ratificados por España, siempre y cuando no se trate de especies autóctonas. Cuando en el ámbito de aplicación no se especifica nada se refiere a todo el territorio español. Especies introducidas legalmente con fines de aprovechamiento cinegético, piscícola y selvícola, antes de la Ley 42/2007 a las que les es de aplicación la disposición transitoria segunda.”

Las invasiones biológicas en los hábitats marinos representan una amenaza mundial reconocida para la integridad de las comunidades nativas, para la economía e incluso para la salud humana. Se cree que las especies invasoras aceleran el declive de las poblaciones nativas que ya están bajo estrés ambiental, provocando pérdidas de población y extinciones a escala local. En el Mediterráneo, los invasores de rápida expansión superan a las especies locales. Esto puede tener un gran impacto en el ecosistema, ya que muchos cambios repentinos en la diversidad y estructura de las comunidades faunísticas se atribuyen a esta competencia (Strefaris y Zenetos 2006).

Las especies exóticas o alóctonas son plantas y animales, en cualquiera de sus fases de vida, que han sido introducidas por el ser humano, intencionadamente o no. Estas especies se encuentran fuera de su rango de distribución históricamente conocido y más allá de su área potencial de dispersión natural. Pueden sobrevivir y posteriormente reproducirse para establecer poblaciones y extenderse en el medio natural de la nueva región que las acoge. En su área de distribución original viven en equilibrio con su entrono autóctono local, y las interacciones con el ecosistema a través de la depredación, el parasitismo y las enfermedades mantienen a las poblaciones bajo control. Sin embargo, una vez colonizan un nuevo entorno, pueden llegar a establecerse y generar un impacto negativo en las especies y ecosistemas locales hasta convertirse en invasoras (Evans et al. 2015).

El Mar Mediterráneo, actualmente, está sufriendo un gran cambio en su ecología debido a diversos motivos. Una de las mayores amenazas es la provocada por el aumento de especies exóticas. Las vías de ingreso de dichas especies al mar Mediterráneo son varias, y la situación es cada vez más preocupante. Existe un problema creciente en el Mar Mediterráneo debido a la introducción de especies exóticas (Zenetos et al., 2005; Streftaris et al., 2005). Las especies invasoras son causa directa del 39% de las extinciones conocidas, siendo, después de la pérdida del hábitat, la segunda amenaza para los endemismos.

La causa principal del ingreso del *C. sapidus* en el Mediterráneo son las aguas de lastre de los buques, de las costas atlánticas de América a las costas europeas y al mar Mediterráneo (Nehring, 2011). Las aguas de lastre son empleadas en navegación marítima para procurar la estabilidad de un buque. La técnica consiste en la admisión o toma directa de agua del entorno en el que se encuentra el buque en ese momento, para la inundación total o parcial de unos depósitos o tanques especialmente diseñados en el interior del casco. El proceso puede invertirse y el agua es expulsada del navío, en un lugar que en general, suele estar alejado del punto original de toma.

Como hemos comentado anteriormente, a pesar de que *C. sapidus* es seleccionada como una de las 100 especies "peores invasoras" en el Mediterráneo (Streftaris y Zenetos 2006), medio siglo de residencia en la región no confirma esta afirmación (Nehring 2011), existe una falta general de información ecológica acerca de los efectos negativos del cangrejo azul sobre las comunidades bentónicas invadidas y sobre el funcionamiento de los ecosistemas (Mancinelli et al., 2017).

2. OBJETIVO

El objetivo general de este estudio fue determinar la abundancia de *Callinectes sapidus*, cangrejo azul, en el entorno costero de Gandia.

Debido a las pautas migratorias de esta especie se trabajó en dos ambientes diferentes, estuarino y marino, y con dos métodos de captura distintos, trampas y redes. En cada lugar se determinó el porcentaje de sexos así como las principales características biométricas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubicó dentro del Golfo de Valencia, dentro del sector meridional, abarcando el entorno costero de la zona de Gandia, desde Tavernes de la Valldigna hasta Oliva, aproximadamente 20 km de costa. Este sector meridional del Golfo de Valencia, destaca sobre todo por su gran uniformidad.

Concretamente nuestra área de estudio se situó dentro de la comarca de La Safor localizada en la costa sureste de la provincia de Valencia, siendo la capital de esta comarca Gandia. La Safor limita con otras comarcas valencianas de la siguiente manera, por el norte con la Ribera Alta y Ribera Baixa, al sur con la Marina Alta, al oeste con la Vall d'Albaida y al Este con el mar Mediterráneo. La zona costera en cuestión está constituida por rocas cenozoicas que se caracterizan por su naturaleza terrígena (arenas y limos). Se formaron durante el Terciario y Cuaternario y se localizan en toda la comarca, principalmente en la zona litoral (Forteza et al., 1995).

A lo largo de toda la línea de costa que comprende nuestra zona de estudio encontramos generalmente que la costa es baja y arenosa, lo cual favorece la presencia de abundantes zonas pantanosas (sobre todo en la llanura central) como las Gandía y Oliva (CHJ, 2015).

En cuanto a la litología existente en la zona, las calcarenitas y las margas son los grupos predominantes, aunque también se tienen proporciones de calizas y material aluvial muy significativas. Este material sedimentario está constituido por los aportes sólidos de los ríos, que una vez alcanzan la costa son rápidamente dispersados por las corrientes marinas. La corriente marina predominante se mueve de Norte a Sur (CHJ, 2015).

La llanura costera de la que forma parte nuestra zona de estudio, es una plataforma aluvial que se extiende a lo largo de la franja costera, está delimitada por el Sistema Ibérico en la parte Noroeste, la llanura continental en el Oeste y el sistema Bético en el Sur. La llanura costera proporciona un suelo rico en nutrientes que sostiene a la mayor parte de la producción agrícola de regadío del ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 2007).

Los aportes de agua dulce en nuestra zona de estudio vienen dados por el río Vaca (Xeraco), el río Serpis (Gandia) y los ríos Racons y Vedat (Oliva).

El río Serpis, tiene una longitud de 74 km, y un caudal medio de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, forma parte del Sistema de Explotación del Serpis, el cual incluyendo la zona costeras, ocupa un área de $1186,02 \text{ km}^2$. Se caracteriza por la presencia del embalse de Beniarrés como la principal infraestructura de regulación ubicada en el tramo medio-alto de la cuenca (CHJ, 2015).

Los ríos Racons y Vedat, son ríos cortos de unos 7 km que drenan el agua del humedal Pego-Oliva. Ambos ríos son alimentados principalmente por manantiales y drenaje de bombeo. Para el período de 2004-2011, los flujos de medios se estimaron como $1,62$ y $1,93 \text{ m}^3/\text{s}$ en el Racons y en el Vedat y respectivamente (Sospedra et. al., 2017).

Además en esta zona de costa son de destacar las zonas húmedas denominadas marjales, extensas llanuras de inundación alimentadas fundamentalmente por aguas subterráneas y en menor medida, por aguas superficiales. Como la zona regable de Oliva-Pego.

Según la Confederación Hidrográfica del Júcar el clima de la zona de estudio es un clima típico mediterráneo, con veranos cálidos y con inviernos suaves. Se sitúa dentro de los pisos bioclimáticos-mediterráneo y meso-mediterráneo de ombroclimas secos. Los máximos térmicos se registran en los meses de julio y agosto, coincidiendo con la estación seca. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 14 y los 16,5 °C. La pluviosidad media anual es de unos 500 mm. Así mismo, durante los meses de octubre y noviembre pueden producirse episodios de precipitación de gran intensidad y corta duración, conocido comúnmente como “gota fría”.

3.2 METODOLOGIA

En este estudio se siguieron dos metodologías de captura de ejemplares de *C. sapidus* diferentes, el posterior análisis de los ejemplares capturados se realizó de forma idéntica en base a la descrita por Carrozzo et al., (2014).

3.2.1 Captura mediante trampas

Puntos de muestreo

En nuestra zona de estudio se establecieron tres puntos de muestreo ubicados en diferentes lugares de la Playa de Gandia susceptibles de encontrar ejemplares de *C. sapidus*. Los puntos a los que hemos llamado punto A, punto B y punto S, son los siguientes:

Punto A: Acequia de la Universidad

Punto B: Barranco de San Nicolás

Punto S: Desembocadura del río Serpis

En la siguiente imagen (Fig. 3.1), obtenida del Google Earth, podemos observar la situación de los diferentes puntos de estudio ubicados en la Playa de Gandia.

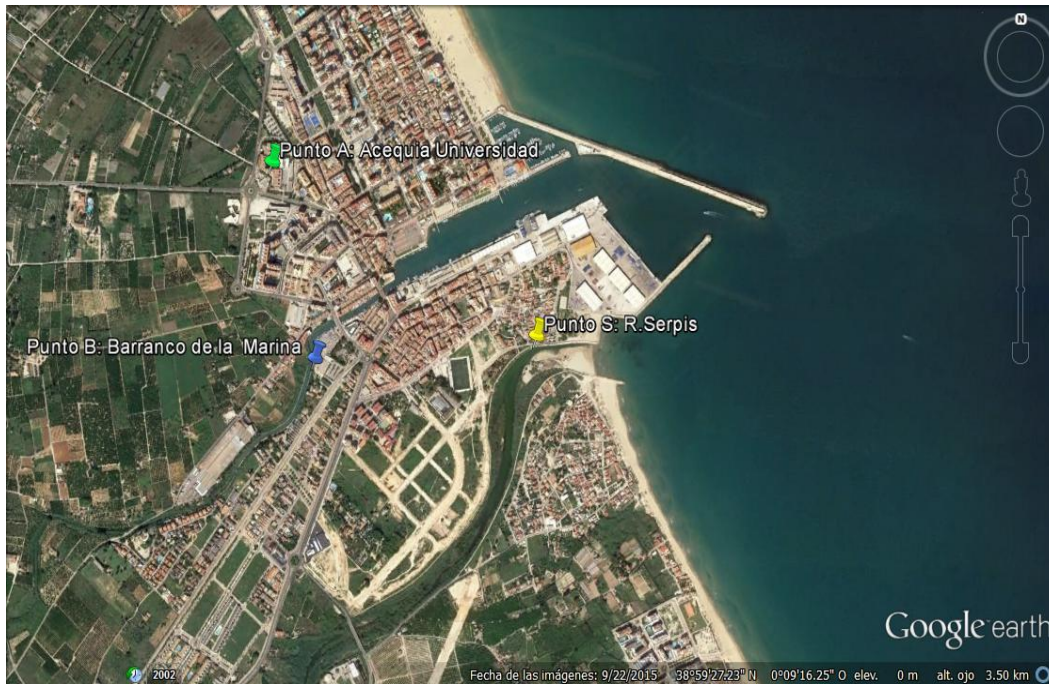


Figura 3.1. Ubicación puntos de muestreo .Fuente: Google Earth.

Acequia de la Universidad: El primer punto de estudio (Fig.3.2) se trata de una acequia ubicada detrás del Campus Universitario de Gandia ($38^{\circ}59'46.00''N$, $0^{\circ}9'58.86''O$). La profundidad en el punto de muestreo, fue de 60 cm.

Esta acequia forma parte de una compleja trama de acequias, que componen la Marjal de Gandia.

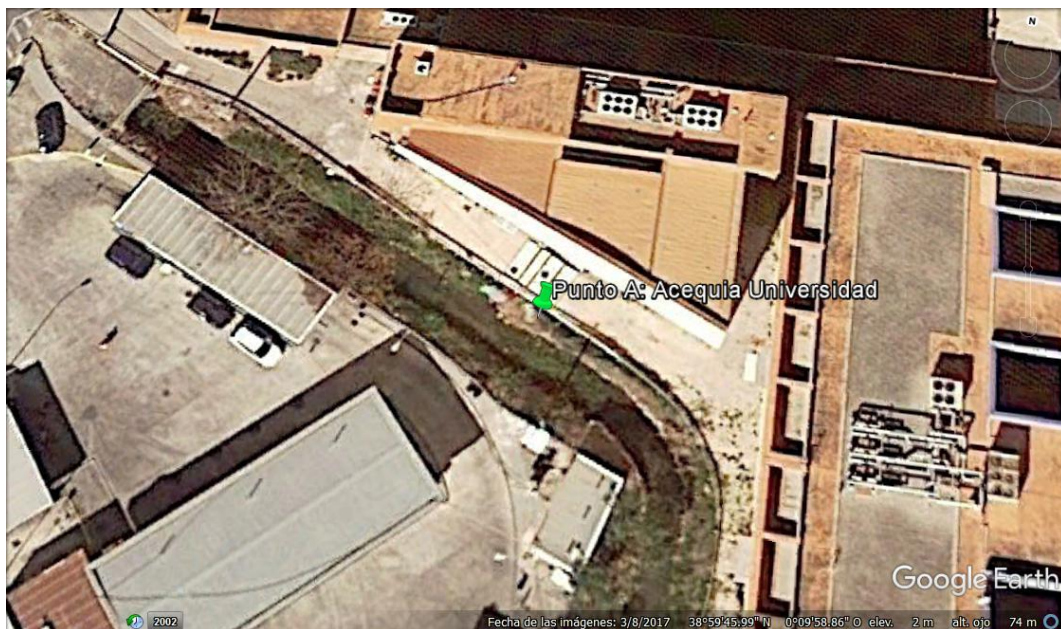


Figura 3.2. Ubicación Punto A. Fuente: Google Earth.

Barranco de San Nicolás: El segundo punto de estudio (Fig. 3.3), se encuentra dentro del cauce del Barranco de San Nicolás, concretamente en un canal de uso privado (38°59'23.97''N, 0°9'51.65''O), ubicado en el Grau de Gandia. La profundidad de este punto de muestreo fue de aproximadamente 80 cm.

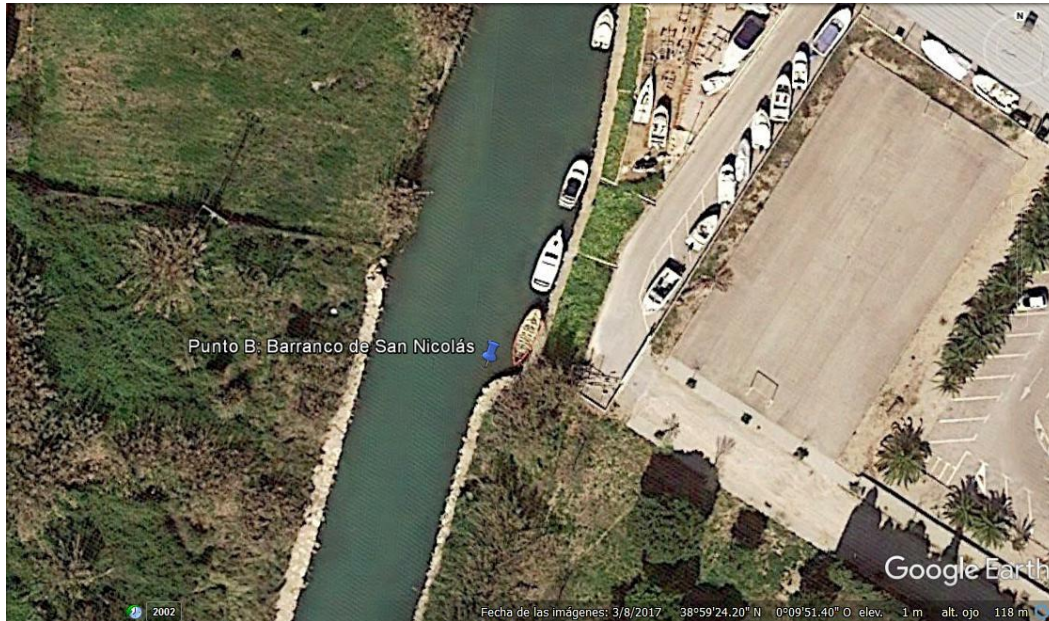


Figura 3.3. Punto de muestreo B. Fuente:Google Earth.

Desembocadura del río Serpis: El tercer y último punto de muestreo (Fig. 3.4) se encuentra ubicado en la desembocadura del río Serpis (38°59'26.94''N, 0°9'16.42''O). La profundidad del agua en este punto de muestro fue de 120 cm. Se trata de una zona estuarina.



Figura 3.4. Punto de muestreo S. Google Earth.

Metodología de muestreo

Los cangrejos se capturaron con trampas específicas (Fig.3.5) para su captura, atadas con un cabo a un punto donde podamos extraerlas con facilidad para comprobar si se ha capturado algún ejemplar de *C. sapidus*.



Figura 3.5. Trampa para cangrejos

Estas trampas se fabricaron de malla de alambre, con una entrada a ambos lados en forma de V invertida. Cada una de las trampas en su interior disponía de un compartimento para el cebo para atraer a los ejemplares de *C. sapidus*. Como cebo se utilizaron, sardinas, boquerones, calamares, bacaladilla...

Para cada época del año, las trampas fueron desplegadas en los tres puntos de estudio anteriormente descritos, durante 30 días. En cada ocasión de muestreo se midió; la temperatura (°C) y la salinidad del agua de cada punto de estudio, tanto en el momento en el que se desplegaron las trampas como en el que se retiraron. Los cangrejos recolectados fueron trasladados al laboratorio en contenedores refrigerados. Las operaciones de muestreo se repitieron adoptando un procedimiento idéntico en otoño, invierno, primavera y verano.

Las fechas de los muestreos fueron las siguientes:

Otoño:	27/10/2016-16/11/2017
Invierno:	17/01/2017-20/02/2017
Primavera:	01/04/2017-31/04/2017
Verano:	15/06/2017-15/07/2017

Adicionalmente, en el punto de muestreo B (Barranco de San Nicolás) se trabajó de forma continua entre el muestreo de primavera y de verano, es decir entre ambos muestreos no hubo descanso, debido a que hubo varios avistamientos de *C. sapidus* en esta zona de estudio en concreto.

3.2.2 Capturas accidentales

Estas capturas hacen referencia al número de ejemplares de *C. sapidus* aportados por la Cofradía de Pescadores de Gandia, capturados con trasmallo en el entorno de la zona costera de Gandia, entre agosto de 2016 hasta febrero de 2017. El trasmallo es un arte de enmalle fijo al fondo de forma rectangular, constituido por una o varias piezas unidas entre sí.

Para el análisis espacial de los ejemplares capturados por los pescadores, la zona de estudio se dividió en cuatro tramos.

Zona 1: Tavernes de la Vallidigna- Xeraco

Zona 2: Gandia

Zona 3 : Miramar-Piles

Zona 4 : Oliva

3.2.3 Análisis ejemplares capturados

Todos los ejemplares capturados fueron estudiados en base a la metodología descrita en Carrozzo et al., (2014). Por lo que los cangrejos fueron recolectados y posteriormente trasladados al laboratorio, donde se llevó a cabo su identificación y biometría.

El sexo se determinó por la forma del abdomen (Véase Introducción). Para las hembras maduras, se estableció si éstas eran ovígeras, es decir si presentaban una masa de huevos adheridos a los pelos finos del abdomen. Según la coloración de dicha masa, se pudo indicar el estado de maduración de los huevos, que inicialmente son de color naranja y se vuelven progresivamente más oscuros a medida que los embriones en crecimiento desarrollan ojos.

La biometría consistió en medir para cada ejemplar la anchura del caparazón en cm (AC), que corresponde a la distancia entre las dos espinas laterales más externas, la longitud del caparazón en cm (LC) como podemos observar en la figura 3.6, además del peso húmedo total (g).



Figura 3.6. Medidas caparazón *C. sapidus*

3.2.4 Análisis estadístico de los resultados

Para comprobar que el conjunto de datos se distribuían de forma normal se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para comprobar la hipótesis nula (H_0) de que la muestra ha sido extraída de una población con distribución de probabilidad normal, mediante un estudio analítico (Hernando et. al., 2015).

- Si el nivel de significancia (P-valor) $> 0,05$, aceptamos hipótesis nula (H_0); la población sigue una distribución normal.
- Si el nivel de significancia (P-valor) $< 0,05$, rechazamos la hipótesis nula (H_0); la población no sigue una distribución normal.

Por último se realizó un análisis de varianza (ANOVA), el análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. En nuestro estudio para determinar por un lado si existieron diferencias significativas entre las tallas y el peso de *C. sapidus* en función del sexo. Y por otro lado si hubieron diferencias significativas en las tallas de los cangrejos azules en función de la zona de captura.

- Si el nivel de significancia (P-valor) $> 0,05$, aceptamos hipótesis nula (H_0); no existen diferencias significativas entre los grupos.
- Si el nivel de significancia (P-valor) $< 0,05$ rechazamos la hipótesis nula (H_0); existen diferencias significativas entre los grupos.

4. RESULTADOS

En el siguiente punto vamos a reflejar, una vez transcurrido el tiempo de muestreo de *C. sapidus*, los resultados obtenidos para los dos tipos de metodologías utilizadas en este estudio.

4.1 CAPTURAS MEDIANTE TRAMPAS

4.1.1 Acequia Universidad

La temperatura del agua durante todo el año varió entre los 16,5 °C y 25 °C. La salinidad del agua de la acequia fue constante durante todo el muestreo, 0,2 con lo que podemos decir que se trató de un agua dulce.

En este punto la fauna que encontramos estuvo compuesta principalmente por tortugas de florida (*Trachemys scripta elegans*), cangrejo americano (*Procambarus clarkii*) y puntualmente rata gris (*Rattus norvegicus*).

En las siguientes tablas podemos observar los datos obtenidos en este punto de muestreo:

Tabla 4.1. Datos acequia universidad otoño

MUESTREO OTOÑO		
Fecha Inicio:	27/10/2016	T ^a inicial (° C): 22,5 T ^a final(°C): 16,5
Fecha Fin:	16/11/2016	Salinidad: 0,2
CAPTURAS		
Nombre científico	Nombre común	Ejemplares capturados
<i>Procambarus clarkii</i>	Cangrejo americano	17
<i>Trachemys scripta elegans</i>	Tortuga de florida	1
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata gris	1

Tabla 4.2. Datos acequia universidad invierno

MUESTREO INVIERNO		
Fecha Inicio:	17/01/2017	T ^a inicial (° C): 18 T ^a final(°C): 22
Fecha Fin:	20/02/2017	Salinidad: 0,2
CAPTURAS		
No hubo capturas		

Tabla 4.3. Datos acequia universidad primavera

MUESTREO PRIMAVERA		
Fecha Inicio:	01/04/2017	T ^a inicial (° C): 21 T ^a final(°C): 23
Fecha Fin:	30/04/2017	Salinidad: 0,2
CAPTURAS		
Nombre científico	Nombre común	Ejemplares capturados
<i>Procambarus clarkii</i>	Cangrejo americano	1
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata gris	1

Tabla 4.4. Datos acequia universidad verano

MUESTREO VERANO		
Fecha Inicio:	15/06/2017	T ^a inicial (° C): 25 T ^a final(°C): 25
Fecha Fin:	15/07/2017	Salinidad: 0,2
CAPTURAS		
Nombre científico	Nombre común	Ejemplares capturados
<i>Procambarus clarkii</i>	Cangrejo americano	3
<i>Trachemys scripta elegans</i>	Tortuga de florida	3

4.1.2 Barranco de San Nicolás

La temperatura del agua en este punto, varió a lo largo de todo el año entre los 14° C y los 25°C. Y la salinidad del agua fluctuó entre 17,1 y 32,4, con lo que podemos decir que se trata de un agua salobre.

En este punto la fauna que encontramos estuvo compuesta por la siguiente ictiofauna dorada (*Spaarus aurata*), además de crustáceos como menos comunes en la zona como el cangrejo verde común (Fig. 1.3) (*Carcinus maenas*), y especies invasoras como el cangrejo azul (Fig. 1.4) (*Callinectes sapidus*).

Tabla 4.5. Datos Barranco de San Nicolás otoño

MUESTREO OTOÑO		
Fecha Inicio:	27/10/2016	T ^a inicial (° C): 23 T ^a final(°C): 19
Fecha Fin:	16/11/2016	Rango de salinidad: 31,8-32,4
CAPTURAS		
Nombre científico	Nombre común	Ejemplares capturados
<i>Sparus aurata</i>	Dorada común	2

Tabla 4.6. Datos Barranco de San Nicolás invierno

MUESTREO INVIERNO		
Fecha Inicio:	17/01/2017	T ^a inicial (° C): 14 T ^a final(°C): 17
Fecha Fin:	20/02/2017	Rango de salinidad: 17,1-28,8
CAPTURAS		
Nombre científico	Nombre común	Ejemplares capturados
<i>Carcinus maenas</i>	Cangrejo verde común	2

Tabla 4.7. Datos Barranco de San Nicolás primavera

MUESTREO PRIMAVERA		
Fecha Inicio:	01/04/2017	T ^a inicial (° C): 17 T ^a final(°C): 21
Fecha Fin:	30/04/2017	Rango de salinidad: 20,3-26,3
CAPTURAS		
Nombre científico	Nombre común	Ejemplares capturados
<i>Carcinus maenas</i>	Cangrejo verde común	2

Tabla 4.8. Datos Barranco de San Nicolás primavera-verano

MUESTREO PRIMAVERA-VERANO		
Fecha Inicio:	30/04/2017	T ^a inicial (° C): 21 T ^a final(°C): 22
Fecha Fin:	15/05/2017	Rango de salinidad: 26,3-27,1
CAPTURAS		
Nombre científico	Nombre común	Ejemplares capturados
<i>Callinectes sapidus</i> (machos)	Cangrejo azul	2

Tabla 4.9. Datos Barranco de San Nicolás verano

MUESTREO VERANO		
Fecha Inicio:	15/06/2017	Tª inicial (° C): 22 Tª final(°C): 25
Fecha Fin:	15/07/2017	Rango de salinidad: 27,1-27,1
CAPTURAS		
Nombre científico	Nombre común	Ejemplares capturados
<i>Carcinus maenas</i>	Cangrejo verde común	1
<i>Callinectes sapidus</i> (hembra)	Cangrejo azul	1

4.1.3 Desembocadura del río Serpis:

Su temperatura varió entre los 14 ° C y los 29 °C durante el año, coincidiendo las temperaturas más bajas durante los meses de invierno. La salinidad del agua fluctuó entre 1,2 y 20,9. La variación de la salinidad del agua en este punto es mayor puesto que se trata de la desembocadura de un río. En esta zona, entre agua dulce y agua marina, presenta características de transición entre dichos ecosistemas. Los estuarios son interfaces inestables en los cuales el drenaje de agua dulce se mezcla con el mar abierto. Por esta razón son muy variables en sus características físicas químicas y biológicas. En este punto de muestreo no se recogió ningún organismo en el tiempo que duró el estudio.

4.1.4. Biometría *Callinectes sapidus*

En la siguiente tabla (Tab. 4.10) podemos observar los datos biométricos de *C. sapidus*. La biometría consistió en medir para cada ejemplar de *C. sapidus* la anchura del caparazón en cm (AC), que corresponde a la distancia entre las dos espinas laterales más externas, la longitud del caparazón en cm (LC), y el peso húmedo total (g).

Tabla 4.10. Datos Biométricos *C. sapidus*. Donde AC corresponde a la anchura del caparazón en cm., LC a la longitud del caparazón en cm. Tª min.-máx. corresponde a la temperatura mínima y máxima del agua registrada en la época de captura en °C, S min.-máx. a la salinidad mínima y máxima del agua en la época de captura la salinidad del agua.

Área	Fecha captura	Especie	Sexo	AC (cm)	LC (cm)	Peso (g)
Barranco de San Nicolás	14-05-17	<i>C. sapidus</i> (Fig.4.3)	Macho	17,1	3,44	296,62
Barranco de San Nicolás	22-05-17	<i>C. sapidus</i> (Fig.4.4)	Macho	11,6	2,65	114,71
Barranco de San Nicolás	15-07-17	<i>C. sapidus</i> (Fig.4.5)	Hembra	17,2	4,20	269,98

En las siguientes imágenes podemos observar los ejemplares capturados:



Figura 4.4. *C. sapidus* macho. Capturado el 14-05-17. Foto propia

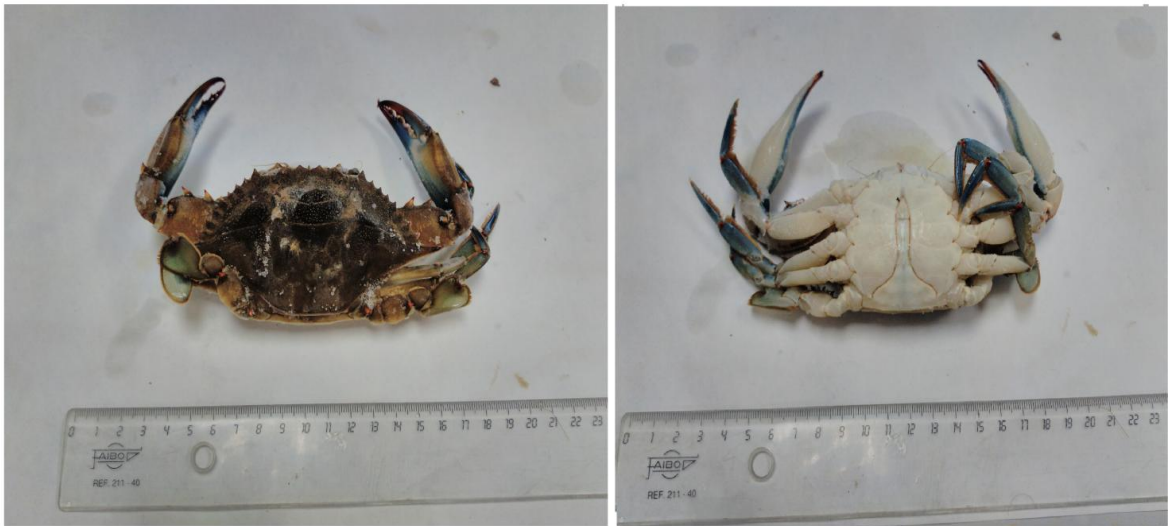


Figura 4.5. *C. sapidus* macho. Capturado el 22-05-17. Foto propia



Figura 4.6. *C. sapidus* hembra. Capturado el 15-07-17. Foto propia

4.2 CAPTURAS ACCIDENTALES

A continuación podemos observar los datos sobre las capturas (Tab. 4. 11) y ventas de cangrejo azul para el año 2016 (Tab.4.12) y 2017 (Tab.4.13), aportados por la Cofradía de Pescadores de Gandía. Se recogieron 22 ejemplares con trasmallo, en el cual el rango de temperatura fue de 14,1- 26° C, y la salinidad constante fue de 37.

Tabla 4.11. Datos capturas *C. sapidus* entre 2016-2017. Donde AC corresponde a la anchura del caparazón en cm., LC a la longitud del caparazón en cm., P es la profundidad en m., Tª la temperatura del agua en °C y S la salinidad del agua. Fuente: Cofradía de Pescadores de Gandía/ Puertos del estado.

Fecha de captura	Sexo	AC (cm)	LC (cm)	Peso Húmedo (g)	Zona	Área	P (m)	Tª (°C)	S
22/07/2016	Hembra	15,20	7,40	192	4	Oliva (frente espigón norte puerto)	3,0	26,0	37,0
26/07/2016	Hembra	18,00	7,60	208	1	Playa Tavernes	6,5	26,0	37,0
26/07/2016	Hembra	99,00	5,20	64	1	Playa Tavernes	6,5	26,0	37,0
27/07/2016	Hembra	16,00	7,10	168	4	Oliva	6,5	26,0	37,0
28/07/2016	Hembra	17,10	7,70	208	4	Oliva (similar al día anterior)	6,5	26,0	37,0
29/07/2016	Hembra	16,50	6,70	151	4	Oliva (similar al día anterior)	6,5	26,0	37,0
08/08/2016	Hembra	12,50	5,70	90	4	Oliva	8,0	26,0	37,0
08/08/2016	Hembra	18,60	8,50	251	4	Oliva	8,0	26,0	37,0
08/08/2016	Hembra	11,10	5,70	72	4	Oliva	8,0	26,0	37,0
12/08/2016	Hembra	14,40	7,20	152	4	Oliva	9,0	27,0	37,0
18/11/2016	Macho	15,56	7,57	335	4	Costa de Oliva	No hay datos	17,5	37,0
27/12/2016	Hembra	16,30	6,80	182	1	Xeraco (riu Vaca)	5,80	16,1	37,0
02/01/2017	Macho	18,50	8,50	462	2	Puerto de Gandía (30 m del Faro)	No hay datos	17,3	37,0
09/01/2017	Hembra	18,30	7,10	241	4	Puerto de Oliva	No hay datos	17,3	37,0
12/01/2017	Hembra	15,50	6,80	196	2	A 2,5 millas del puerto de Gandía	4,00	17,3	37,0
13/01/2017	Hembra ovígera	18,10	7,52	242	4	Costa de Oliva (frente Hotel Oliva Nova)	13,00	17,3	37,0
13/01/2017	Hembra ovígera	17,00	8,90	202	4	Costa de Oliva (frente Hotel Oliva Nova)	13,00	17,3	37,0
13/01/2017	Macho	20,40	9,10	418	3	Costa de Piles	10,87	17,3	37,0

01/02/2017	Hembra	18,00	8,20	304	3	Costa de Miramar	No hay datos	17,3	37,0
01/02/2017	Macho	20,70	8,97	537	3	Costa de Miramar	No hay datos	14,1	37,0
03/02/2017	Macho	16,50	7,10	400	2	Gandia	No hay datos	14,1	37,0
03/02/2017	Macho	19,10	8,31	472	4	Fin playa de Oliva	10,03	14,1	37,0

A continuación en las siguientes tablas podemos observar, los datos de comercialización de *C. sapidus* en la Lonja de Gandia para el año 2016 (Tab. 4.12) y 2017 (Tab. 4.13), aportados por la Cofradía de Pescadores de Gandia.

TABLA 4.12. Ventas y precios *C. sapidus* en la Lonja de Gandía en 2016. Donde *P. min.*, es el precio mínimo, *P.min.sub.*, es el precio mínimo en subasta, *P. más* el precio máximo. Fuente: Cofradía de Pescadores de Gandía.

Desde	Hasta	Cajas	Kilos	P. min.	P.min.sub.	€/kg	P.máx	Importe
01/01/16	31/012/16		4,95	0,50	2,72	2´53	4,50	12,54
			4,95					12,54

TABLA 4.13. Ventas y precios *C. sapidus* en la Lonja de Gandía en 2017. Donde *P. min.*, es el precio mínimo, *P.min.sub.*, es el precio mínimo en subasta, *P. más* el precio máximo. Fuente: Cofradía de Pescadores de Gandía.

Desde	Hasta	Cajas	Kilos	P. min.	P.min.sub.	€/kg	P.máx	Importe
01/01/17	09/08/17	10	40,85	0,50	2,85	3,39	4,35	138,29
		10	40,85					138,29

Como podemos observar al comparar las dos tablas, los kg recogidos de *C. sapidus* han aumentado alrededor de 35 kg desde enero de 2016 a febrero de 2017. El precio por kg (€/Kg), también ha aumentado de 2016 a 2017.

Con lo cual podemos decir que entre 2016 y 2017 el precio de *C. sapidus* (€/kg) en la Lonja de Gandia ha incrementado en un 34%.

5. DISCUSIÓN

5.1 CAPTURAS MEDIANTE TRAMPAS

A lo largo de las 5 campañas totales de muestreo en los 3 puntos de estudio en la zona costera de Gandía, se recogieron un total de 3 ejemplares de *C. sapidus*, todos ellos recogidos en el Barranco de San Nicolás, en el muestreo de Primavera/Verano, y en el de Verano. Como hemos visto con anterioridad en el apartado 4 Resultados, fueron dos machos y una hembra. Con lo cual las capturas en esta zona, donde la salinidad no es estable, el porcentaje de machos recogidos fue del 66,66%, mientras que el de hembras fue del 33,33%. En vista de los resultados, los machos de *C. sapidus* tienden a permanecer en áreas de más baja salinidad que las hembras (Ortiz et. al., 2007)

En el presente estudio podemos asociar la presencia de *C. sapidus* con aguas salobres, y altas temperaturas. Ya que la salinidad del agua, del Barranco de San Nicolás, osciló entre 17,1 y 32,4, y en el momento de su captura la temperatura del agua en este punto eran elevadas, entre 22-26°C, ya que fueron capturados entre primavera y verano.

No podemos determinar con precisión que exista una población establecida de *C. sapidus*, en los puntos muestreados, puesto que no podemos interpretar los datos con exactitud debido al bajo número de capturas, y a las limitaciones que presentan la trampas (Carrozzo et. al, 2014).

Como explican Sturdivant y Clark (2011), los cuales observaron la efectividad de estas trampas mediante el estudio del comportamiento del cangrejo azul alrededor de una trampa, se han utilizado trampas de cangrejo ampliamente en estudios sobre la dinámica de poblaciones de cangrejos azules para proporcionar estimaciones de la captura por unidad de esfuerzo, sin embargo se estimaron sin considerar adecuadamente la tasa de escape. En su estudio, utilizaron trampas comerciales de cangrejo, para probar las tasas de captura de cangrejo. Las trampas fueron cubos cuadrados de malla de alambre (3.8 cm) 55.9 x 61.0 x 55.9 cm, con una sección superior, llamada salón, e una inferior, llamada cocina o cámara de cebo. La dinámica de esta trampa se observó mediante un sistema de cámara de video, con el cual Sturdivant y Clark (2011) determinaron que en general, las trampas sólo retenían el 3% de todos los cangrejos que se acercan y entran en las trampas. En consecuencia, este hecho nos proporciona una estimación de la dificultad que conlleva la captura de ejemplares de cangrejo azul mediante trampas.

Por otro lado cabe destacar el hecho de que en el punto de muestreo ubicado en la desembocadura del río Serpis, no se capturó ningún ejemplar de *C. sapidus*, puesto que los cangrejos azules presentan un patrón de vida migratorio, en el que las hembras maduras ya inseminadas, a finales de la primavera hasta el otoño migran por el estuario hacia altas salinidades para incubar y eclosionar crías de los huevos (Hines et. al., 1987). Este hecho podría verse asociado a la calidad de las aguas de muestreo, pero según la CHJ (2015) la calidad de las aguas de la Desembocadura del río Serpis, sí alcanzan el buen estado ecológico. Siendo así, podemos asociar nuevamente el poco éxito de las capturas a la efectividad de las trampas (Sturdivant y Clark, 2011).

5.2 CAPTURAS ACCIDENTALES

5.2.1 Análisis de la estructura de la población de las capturas accidentales

Los resultados nos indicaron de que de los 22 cangrejos azules recogidos en el periodo entre 2016-2017, capturados mediante trasmallo por la Cofradía de Pescadores de Gandía, estaban formados por 16 hembras (72,7%), con un peso medio de 199,10g, de las cuales dos fueron ovígeras, y 6 machos (27,3%) con un peso medio de 432,4g. El ejemplar capturado con menor peso coincide con una hembra de 64g y el más pesado con un macho de 537g.

En el siguiente gráfico (Fig. 5.1) podemos observar que la población capturada de *C. sapidus* estuvo compuesta predominantemente por hembras.

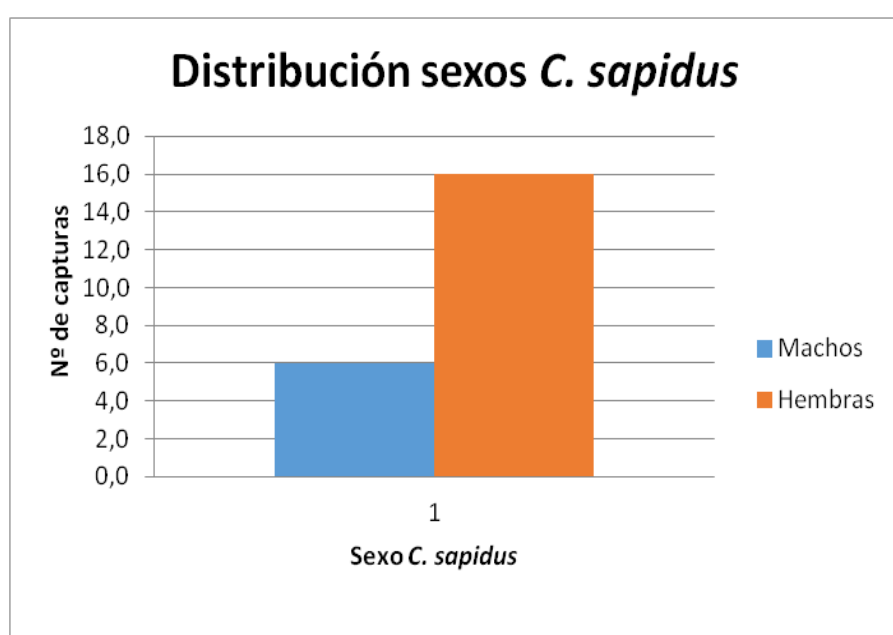


Figura 5.1. Distribución por sexos 22 ejemplares de *C. sapidus*.

El hecho de encontrar mayor porcentaje de hembras que de machos en altas salinidades confirma que después del apareamiento, las hembras inseminadas, migran hacia las aguas de alta salinidad (Hines et. al., 1987), aguas marinas donde la salinidad es alta y estable (36.0‰), esto se debe a que la regulación osmótica en las hembras es menos eficiente que en los machos y que las larvas requieren de salinidades altas para la eclosión de los huevos.

Los datos biométricos de las capturas de *C. sapidus* en cuanto a las tallas y pesos dieron los siguientes resultados (Tab. 5.1).

Tabla 5.1. Anchura, longitud de caparazón y peso medio para machos y hembras de *C. sapidus*.

	MACHOS	HEMBRAS
Anchura media del caparazón(cm)	18,46	15,78
Longitud media del caparazón (cm)	8,26	7,13
Peso medio (g)	432,4	199,1

Para determinar si existieron diferencias significativas en el peso y la talla (anchura y longitud del caparazón) entre machos y hembras de la especie *C. sapidus*, se realizó ANOVA (Análisis de la Varianza) con la variable sexo como factor, y el peso y la talla como variables dependientes.

Antes comprobamos que los datos en esta población se distribuyeron de manera normal, y para ello se realizó la Prueba de Kolmogorov-Smirnov. Debido al que el nivel de significancia (P) fue mayor que 0,05 se aceptó la hipótesis nula (H0); el conjunto de datos siguió una distribución normal (P= 0,2).

En el resultado de la ANOVA (Análisis de la varianza), encontramos que no existieron diferencias significativas en la anchura y la longitud del caparazón entre machos y hembras, puesto que el nivel de significancia (P) fue mayor que 0,05. (Anchura del caparazón, P=0,069; Longitud del caparazón=0,064).

Por otro lado encontramos que si que existieron diferencias significativas del peso entre machos y hembras, puesto que el nivel de significancia (P) fue menor que 0,05 (Peso, P=0,00). Siendo los machos más pesados que las hembras, con un peso medio de 432,4 g.

En el periodo entre julio de 2016 y febrero de 2017, se capturaron 22 ejemplares de *C. sapidus* distribuidos como se muestra en la figura 5.2.

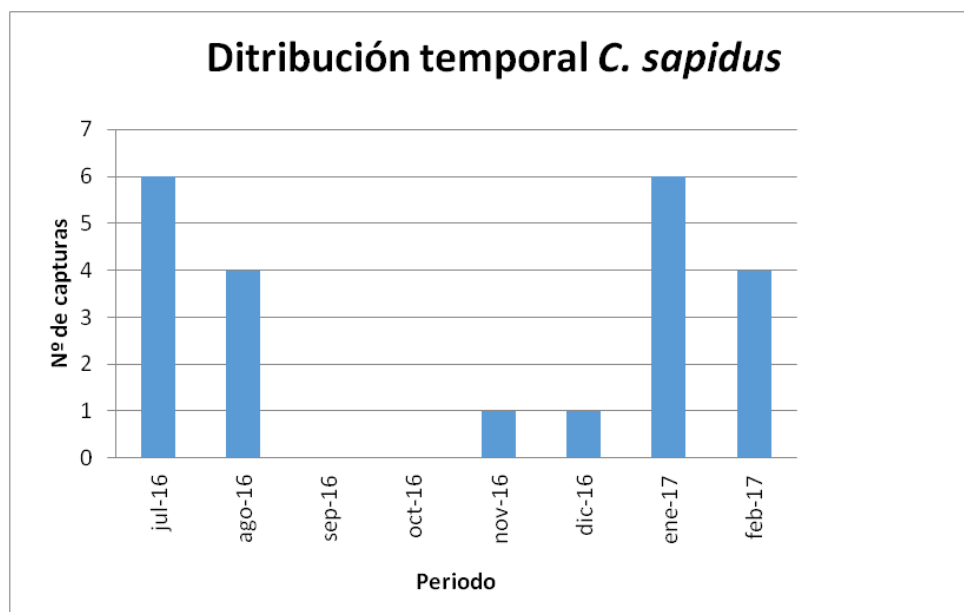


Figura 5.2. Distribución temporal *C. sapidus*.

Para mejorar el análisis de la distribución temporal de *C. sapidus*, realizamos una distribución temporal en función del sexo (Fig. 5.3). En este gráfico podemos observar que el mayor número de hembras capturadas se dieron en julio y agosto donde la temperatura del agua fue de 26 ° C. Como menciona Hines (2003), el apareamiento ocurre entre finales de primavera y verano.

Por otro lado podemos observar se capturaron ejemplares macho en los meses de enero y febrero, que coincide con lo explicado por Hines et. al., (1989), donde comenta que dependiendo del tamaño del estuario, la latitud y la severidad del invierno, los machos pueden moverse distancias cortas a pasar el invierno en aguas profundas.

Durante los meses de septiembre y octubre no se capturaron ejemplares de *C. sapidus*, estos meses coinciden con la temporada de lluvias en la zona de estudio, lo que concuerda con los resultados de Ortiz et. al., (2007), la abundancia de *C. sapidus*, se incrementa durante la temporada de sequias, con una tendencia a disminuir al final de la temporada de lluvias.

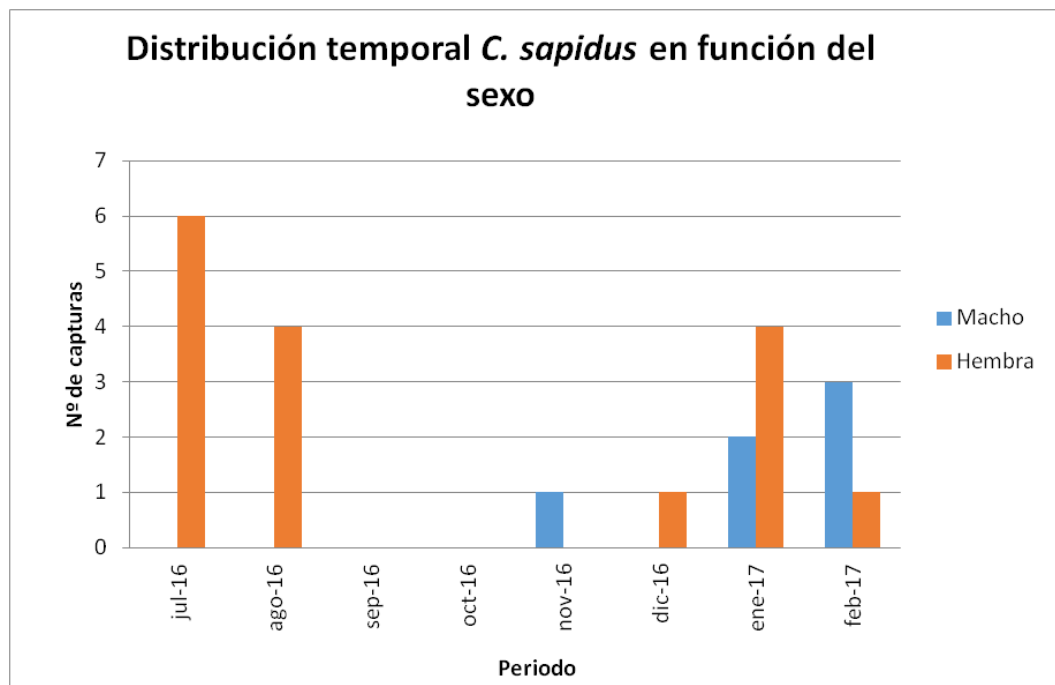


Figura 5.3. Distribución temporal *C. sapidus* en función del sexo.

Para estudiar la distribución espacial de las capturas de cangrejo azul, se dividieron las zonas de captura en 4 grupos; Tavernes-Xeraco, Gandia, Miramar-Piles y Oliva. En el siguiente gráfico (Fig. 5.4), podemos observar la distribución de las capturas de *C. sapidus* en función de la zona, y separados por género.

A simple vista, observamos como en la zona de Oliva se capturaron un mayor número de ejemplares de cangrejo azul, siendo mayor el porcentaje de hembras capturadas que de machos. Y en la zona de Tavernes-Xeraco solo se capturaron hembras.

Como hemos comentado anteriormente, encontramos mayor porcentaje de hembras que de machos en altas salinidades, ya que los machos de *C. sapidus* tienden a permanecer en zonas de más baja salinidad que las hembras (Ortiz et. al., 2007).

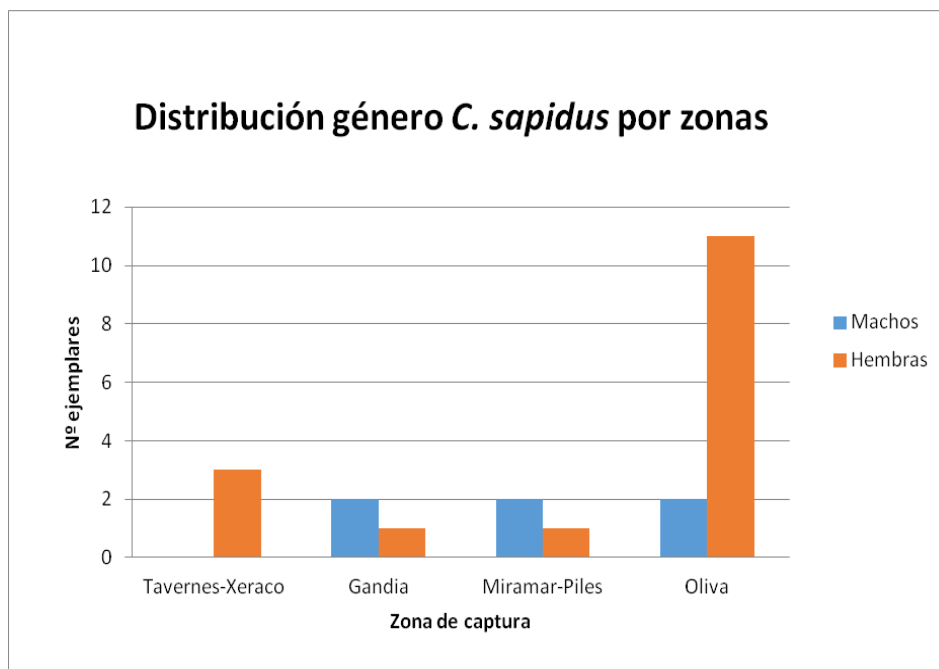


Figura 5.4. Distribución espacial *C. sapidus* en función del sexo

Posteriormente se compararon las tallas de cangrejo azul, la anchura y la longitud del caparazón de *C. sapidus*, entre las diferentes zonas de captura. Con este análisis se pretendió averiguar si existieron diferencias significativas en el tamaño de cangrejo azul en función de la zona de captura.

Para observar si existieron diferencias significativas entre las tallas y la zona de captura se realizó una ANOVA (Análisis de la Varianza). Una vez realizada, observamos que el nivel de significancia (P) fue mayor que 0,05, con lo cual no existían diferencias significativas entre las tallas de *C. sapidus* en función de la zona de captura (Anchura del caparazón, $P= 0,08$; Longitud del caparazón, $P= 0,062$). Este hecho puede deberse a que no haya diferencias en los recursos alimenticios entre las 4 zonas de captura.

El hecho de no encontrar ejemplares juveniles en estas zonas puede seguir dos razones, por un lado a que los ejemplares juveniles pasen el invierno en la zona alta del estuario debido a la abundancia de recursos alimenticios (Hines 2003) y a la menor diversidad de depredadores comparada con las regiones de salinidad más alta (Hines et. al., 1989). Y por otro lado que el arte de pesca empleado no sea el eficiente para capturar ejemplares pequeños (Ortiz et. al 2007).

5.2.2 Comercialización *Callinectes sapidus*

Al observar los datos de las capturas accidentales en 2016 y 2017 de cangrejo azul, facilitados por los pescadores de la Cofradía de Gandia, podemos observar que a partir de febrero de 2017, dejan de proporcionarnos datos sobre la capturas de *C. sapidus*.

Este periodo coincide con el aumento de ventas del mismo en la Lonja de Gandia. En 2016 se recogieron 4,95 kg de *C. sapidus* y en el transcurso de 2017, llevan recogidos 40,85 kg, 35 kg más que el año anterior.

Debido a una mayor aceptación y apreciación por parte de los consumidores de este producto en el mercado, su precio se ha visto incrementado un 34% con respecto a 2016. Con lo que al establecerse una línea de negocio con la capturas de cangrejo azul, la Cofradía de Pescadores ha dejado de proporcionarnos datos para su estudio y poder comercializar con ellos, actualmente con un precio de 3,39€/kg. Un precio similar al de la Cofradía de Pescadores El Palmar, que a partir de octubre de 2016 capturó cantidades elevadas, llegándose a pescar en dos meses unos 242 kg de cangrejo azul, con un precio de venta en torno a 4 €/kg (comunicación personal secretaria gerente de Cofradía de Pescadores El Palmar).

Por ello los datos de las capturas accidentales de *C. sapidus* para estimar su abundancia en el entorno costero de la zona de Gandia, se encuentran acotados por este factor, la propia comercialización del cangrejo azul en la Lonja de Gandia. De igual modo estos datos son muy limitados para llegar a conclusiones definitivas sobre este producto.

6. CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta los pocos ejemplares recogidos de *C. sapidus* mediante el uso de trampas y, a pesar de que es el método de captura utilizado tradicionalmente en las costas occidentales del Atlántico, de donde es nativo el cangrejo azul, se pudo comprobar los problemas que presentan estas trampas y que es un método poco efectivo.

En los muestreos realizados con trampas, el porcentaje de machos fue mayor que el de hembras, y todos los ejemplares fueron capturados cuando la temperatura del agua fue superior a 22°C y en un ambiente salobre y con salinidad variable.

En cuanto a las capturas accidentales realizadas en la zona marina costera, a pesar de que no todos los cangrejos recogidos, fueron entregados a la universidad para este estudio, hecho que pudimos verificar al comprobar las ventas del mismo en la cofradía, se puede decir que el porcentaje de hembras fue notablemente mayor que el de machos (72,7% hembras y 27,3% machos), siendo los machos significativamente más pesados que las hembras. Además se apreció un mayor número de ejemplares en la zona de Oliva, sugiriendo una población más abundante.

Finalmente teniendo en cuenta los dos tipos de muestreo realizados en los dos ambientes de estudio, se puede decir que en la zona estuarina el porcentaje de machos fue superior, mientras que en la zona marina ocurrió lo contrario, hecho que coincide con las pautas migratorias y la información biológica que se describe para *C. sapidus* en su hábitat autóctono, donde las hembras, una vez inseminadas, migran hacia salinidades altas y estables para la eclosión de sus huevos.

Es necesario un mayor conocimiento tanto de la abundancia, distribución espacial y temporal, pautas migratorias como de los métodos de captura más efectivos para esta especie en nuestra zona de estudio, a fin de determinar las mejores medidas de gestión para el control y mitigación de esta especie, ya que en general, el estudio del impacto que causa esta especie de crustáceo en ecosistemas marinos del Mediterráneo ha sido poco investigado.

Posterior al manejo de todos los datos obtenidos, surge la idea de que se pueda controlar la abundancia y mitigar los impactos de las especies invasoras a través de su uso como comida para los humanos. La comercialización de *C. sapidus* podría ser una actuación para controlar la población de cangrejo azul en las costas del Mediterráneo, ya que es un voraz depredador cuya expansión podría amenazar a las especies autóctonas costeras.

7. BIBLIOGRAFIA

- Carrozzo L., Potenza L., Carlino P., Costantini ML., Rossi I., Macinelli G., 2014. Seasonal abundance and trophic position of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 in a Mediterranean coastal habitat. Rend. Fis. Acc. Lincei 25:201–208.
- 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 Rec. 2, 141–143.
- CHJ, Confederación Hidrográfica del Júcar, 2003. Esquema de Temas Importantes para la Planificación Hidrológica en la Demarcación Hidrográfica del Júcar.
http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2009-2015/Anejo01020306_Mayo2013.pdf.
- CHJ, Confederación Hidrográfica del Júcar, 2015. Estudio General sobre la Demarcación Hidrogeología.
http://www.chj.es/Descargas/ProyectosOPH/Consulta%20publica/PHC-2015-2021/PHJ1521_Memoria_151126.pdf
- Evans J., Barbara J., Shembri P.J., 2015. Updated review of marine alien species and other 'newcomers' recorded from the Maltese Islands (Central Mediterranean). Mediterranean Marine Science, 16/1: 225-244.
- Forteza J., Rubio J.L., Gimeno, E., 1995. Catálogo de suelos de la Comunidad Valenciana. Valencia: Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació.
- González-Wargüermert M., Pujol JA., 2016. First record of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* (Crustacea: Brachyura: Portunidae) in the Segura River mouth (Spain, southwestern Mediterranean Sea). Turk J Zool 40: 615-619.
- 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 AH., 2003. Ecology of juvenile and adult blue crabs: summary of discussion of research themes and directions. Bull Mar Sci 72:423–433.
- Hines AH., Lipcius RN., Haddon AM., 1987. Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. Mar. Ecol. Prog. Ser. 36:55–64.
- IGME, INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO ESPAÑOL, 2003. Estado y Evaluación de los Procesos de Intrusión marina en la Unidad Hidrogeológica 08.38 Plana de Gandia –Denia (Valencia – Alicante) España.
<http://aguas.igme.es/igme/publica/tiac-01/Area%20V-17.pdf>

- Mancinelli G., Carrozzo L., Marini G., Costantini M. L., Rossi L., Pinna M., 2013. Occurrence of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in two Mediterranean coastal habitats: temporary visitor or permanent resident? *Estuar Coast Shelf Sci* 135:46–56.
- Mancinelli G., Carrozzo L., Marini G., Costantini M.L., Rossi L., Pinna M., 2014. Seasonal abundance and trophic position of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 in a Mediterranean coastal habitat. *Rend. Fis. Acc. Lincei* 25:201–208.
- Mancinelli G., Chainho P., Cilenti L., Falco S., Kapiris K., Ktelis 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*.
- Minello T.J and WebbJ.W.J., 1997. Use of natural and created *Spartina alterniflora* salt marshes by fishery species and other acuatic fauna in Galveston Bay, Texas, USA. *Marine Ecology Progress Series*.151:165-179.
- Nehring S., 2011. Invasion history and success of the American blue crab *Callinectes sapidus* in European and adjacent waters. In: Galil BS, Clark PF, Carlton JT (eds), *In the wrong place - alien marine crustaceans: Distribution, biology and impacts*. *Invading Nature-Springer Series in Invasion Ecology*, 6, pp 607–624.
- Ortiz. HJ., De Jesús A., Sosa E., 2007. Distribución espacial y temporal del cangrejo *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Rev. biol. trop* vol.55 n.1 San José Mar.
- Perdikaris C., Konstantinidis E., Gouva E., Klaoudatos D., Nathanailides C., Paschos I., 2016. Occurrence of the invasive crab species *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 in NW Greece. *Walailak J. Sci. Tech.* 13, 1–12.
- Ruiz GM., Hines AH., Posey MH., 1993. Shallow water as a refuge habitat for fish and crustaceans in non-vegetated estuaries: an example from Chesapeake Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*99: 1–16.
- Sospedra, J., Niencheski, L.F.H., Falco, S., Andrade, C.F.F., Attisano, K.K., Rodilla, R., 2017. Identifying the main sources of Silicate in coastal waters of the southern Gulf of Valencia (Western Mediterranean Sea). *Oceanologia*
- Streftaris N., Zenetos A., 2006. Alien marine species in the Mediterranean - the 100 'WorstInvasives' and their impact. *Medit Mar Sci* 7:87–118.
- Sturdivant SK., Clark KL., 2011. An evaluation of the effects of blue crab (*Callinectes sapidus*) behavior on the efficacy of crab pots as a tool for estimating population abundance. *Fish Bull*109:48–55.
- Taissoun EN., 1970. Las especies de cangrejos del género "Callinectes" (Brachyura) en el Golfo de Venezuela y Lago de Maracaibo. Universidad del

Zulia. Facultad de Humanidades y Educación. Centro de Investigaciones Biológicas de Maracaibo. (pp 37- 56). Venezuela.

Van Engel WA., 1958. The blue crab and its fishery in the Chesapeake Bay. Part I—Reproduction, early development, growth, and migration. *Comm. Fish. Rev.* 20: 6–17.

Zenetos A., Cinar ME., Pancucci-Papadopoulou MA., Harmelin JG., Furnari G., Andaloro F., Bellou N., Streftaris N., Zibrowius H., 2005. Annotated list of marine alien species in the Mediterranean with records of the worst invasive species. *Med Mar Sci* 6:63–118.