

Universidade de Vigo



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Máster en  
Biología  
Marina

# Estudio de la ecología espacial de *Raja undulata* en la Reserva Marina de Interés Pesquero - Ría de Cedeira

(Trabajo de Fin de Máster en Biología Marina)



Ismael Puente Espasandín

(2017-2018)

Tutor: Ramón Muíño

02 de julio de 2018





Departamento de Bioloxía Animal,  
Bioloxía Vexetal e Ecoloxía

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

## INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN DE MASTER

A Coruña, 25 de junio de 2018

D. RAMON MUIÑO BOEDO, PROFESOR CONTRATADO DOUTOR DE LA UNIVERSIDAD DE A CORUÑA, como tutor del trabajo titulado "Estudio de la ecología espacial de *Raja undulata* en la Reserva Marina de Interés Pesquero - Ría de Cedeira" realizado por D. Ismael Ponte Espasandín.

HACE CONSTAR

Que AUTORIZA la defensa del mismo.



Fdo.: Ramón Muño



# Índice

Introducción	Pág. 1
Objetivos	Pág. 4
Material y Métodos	Pág. 5
Resultados	Pág. 10
Discusión	Pág. 14
Conclusiones	Pág. 17
Bibliografía	Pág. 17
Anexo	



## Introducción

La especie objeto del presente trabajo, *Raja undulata* (Lacepède, 1802), se incluye en la clase Condriactios, la cual está representada toda ella por peces cartilagosos, dividiéndose en dos subclases: la subclase Elasmobranchii, donde se incluyen a los tiburones y rayas; y la subclase Holocephali donde se encuentran las quimeras y los peces elefante. Son todos ellos vertebrados acuáticos que cuentan con un esqueleto interno compuesto por cartílago en vez de hueso. (Stevens *et al.*, 2000; Worm *et al.*, 2013).

Sus ciclos vitales corresponden a organismos estrategas de la K, con un desarrollo largo y lento, así como bajas tasas de reproducción y una madurez tardía. Constituyen un grupo importante para el equilibrio ecosistémico al encontrarse cerca o en lo alto de la cadena trófica y depredando sobre otras especies, lo que hace que controlen y regulen poblaciones dentro del ecosistema marino. (Hoenig & Gruber, 1990; Cailliet *et al.*, 2005; Myers *et al.*, 2007; White *et al.*, 2015; Bond *et al.*, 2017).

Este grupo representa un gran recurso pesquero a nivel mundial y muchas especies se pescan para consumo humano por el apreciado valor de su carne, sus aletas o aceites (Serra-Pereira, 2010). La pesca directa o las capturas accidentales no ha hecho más que aumentar desde los años 70 (FAO, 2018) y actualmente alrededor del 25 % de las especies de tiburones y rayas poseen alguna categoría de amenaza según la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Dulvy *et al.*, 2014).

Es en concreto en la subclase Elasmobranchii donde se incluye la raya mosaico *R. undulata*. Se trata de una especie bentónica que suele encontrarse a profundidades inferiores a 100 metros (m) aunque puede aparecer a lo largo de la plataforma continental a profundidades de hasta 200 m. Los individuos presentan un patrón punteado en el dorso de color grisáceo o pardo, con ocelos de color blanco y líneas claras, que otorgan un camuflaje críptico cuando se encuentran inmóviles sobre el lecho marino (Figura 1).



**Figura 1.** Raya mosaico (*Raja undulata*).

Su zona ventral es de color blanco y en ella se encuentran las branquias y la boca. Tienen una cola cubierta con pequeñas espinas y la mayor parte de su cuerpo está cubierto de dentículos dérmicos que le otorgan un tacto áspero. No presentan un rostro muy marcado ni puntiagudo, siendo más bien redondeado al igual que las aletas pectorales ([www.sharktrust.org](http://www.sharktrust.org), Consultada el 10 de marzo del 2018).

Su distribución incluye el noreste del Océano Atlántico, desde el suroeste de Irlanda y el sur de Inglaterra (Stehmann & Burkell, 1984) hasta la costa oeste de África (ICES, 2006) estando presente también en aguas del mar Mediterráneo (Bauchot, 1987). Es una especie que se encuentra asociada a sustratos blandos, localizándose normalmente los individuos juveniles en aguas más someras dentro de estuarios o rías, donde puede llegar a ser muy abundantes, mientras que los ejemplares adultos suelen estar en aguas profundas (Bañón *et al.*, 2008; Moura *et al.*, 2007; Moura *et al.*, 2008).

Desde el punto de vista trófico, se trata de una especie eminentemente carnívora, que se alimenta de invertebrados y vertebrados bentónicos, como cangrejos, bivalvos, cefalópodos o peces. Los individuos juveniles sufren cambios en su dieta a medida que van creciendo, pasando de una dieta de carácter generalista a otra más específica (Moura *et al.*, 2008).

En el Algarve (Portugal), la estación reproductiva de *Raja undulata* transcurre a lo largo del invierno, cuando los ovarios de las hembras presentan un mayor volumen. Los



huevos se encuentran encapsulados dentro del útero y son depositados en unas estructuras denominadas comúnmente petacas en primavera pudiendo prolongarse esta etapa hasta el comienzo del verano. (Coelho & Erzini, 2006; Moura *et al.*, 2007).

La raya mosaico, es una de las especies más capturadas como descarte por los barcos de pesca portugueses y representa valores relevantes en el total de las capturas, lo que hace que los ejemplares sean retenidos para poder venderlos luego al contar con elevado valor en el mercado (Batista *et al.*, 2009; Baeta *et al.*, 2010). En concreto en Galicia, el número de kilos de rayas pescadas ha ido disminuyendo desde el año 2001 hasta la actualidad y mientras que su precio en lonja no ha hecho más que aumentar, suponiendo una importante fuente de ingresos para barcos pesqueros que las capturan ([www.pescadegalicia.gal](http://www.pescadegalicia.gal), Consultada el 25 de mayo de 2018).

El desconocimiento a nivel específico de las rayas y su comercialización de una forma generalista, son dos graves problemas a la hora de tratar de cuantificar la cantidad de *R. undulata* que es pescada y vendida en las lonjas gallegas, puesto que actualmente una gran parte de sus capturas se incluyen dentro de los valores de capturas para la categoría de *Raja spp.*, donde se encuentran agrupadas varias especies pertenecientes al citado género.

Así, según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza (IUCN), la raya mosaico se encuentra con categoría de “amenazada”, debido a sus características vitales, a su distribución irregular y al creciente declive de sus poblaciones (Coelho *et al.*, 2009). Es por ello de gran importancia obtener información detallada sobre aspectos de su ciclo biológico, distribución, abundancia, comportamiento, capturas, etc.

Uno de los factores más importantes a la hora de establecer planes de mantenimiento y conservación, gestionar una pesquería o diseñar una Reserva Marina con el fin de proteger especies que como los elasmobranquios se encuentran amenazados, es el conocimiento de la ecología espacial de una especie.

Tradicionalmente, el estudio de la distribución espacial en elasmobranquios se realizaba mediante técnicas de marcaje y recaptura de individuos (Cailliet *et al.*, 1992; Kusher *et al.*, 1992; Castro & Rosa, 2005), pero dichas técnicas presentan ciertas limitaciones respecto al número de individuos que se pueden estudiar, el esfuerzo de muestreo que se necesita realizar para obtener unos resultados significativos, etc. En los últimos años la

telemetría acústica ha mejorado en el campo del monitoreo de animales marinos y se han realizado numerosos trabajos con esta técnica, tanto en teleósteos (Pita & Freire, 2011; Villegas-Ríos *et al.*, 2013) como en peces cartilaginosos (Espinoza *et al.*, 2015; Lea, 2017). Dicha técnica representa una herramienta importante en el estudio de la ecología espacial de múltiples organismos y es empleada para determinar el área de campeo de un individuo (Marshall *et al.*, 2011; Nash *et al.*, 2014), patrones de movimientos diarios (Giacalone *et al.*, 2006; Arostegui *et al.*, 2017) o para conocer los hábitats preferentes de una especie en cuestión (Brooks *et al.*, 2017; Capra *et al.*, 2017).

Se basa en el seguimiento de un animal, el cual lleva implantado un emisor acústico capaz de emitir señales que son captadas por un hidrófono, que bien se puede llevar a bordo de una embarcación o puede estar colocado en una zona del lecho marino, recogiendo los pulsos emitidos y guardando la información para poder ser descargada más tarde. Permite estudiar a los individuos marcados durante largos períodos de tiempo, sin realizar altos esfuerzos de muestreo y la manipulación de los individuos es mínima evitando molestias ocasionadas por otros métodos tradicionales de captura-recaptura.

En conjunto, la información aportada por esta técnica permite mejorar la comprensión de los patrones espacio-temporales y aspectos de la ecología y distribución de una especie en una zona determinada, como una reserva marina, con el fin de adoptar medidas más eficaces en su protección y conservación.

## Objetivos

El objetivo del presente trabajo es conocer la dinámica espacio-temporal de la raya mosaico, *R. undulata*, dentro de la Reserva Marina de Interés Pesquero (RMIP) Ría de Cedeira mediante el uso de técnicas de telemetría. Dicho objetivo se llevó a cabo mediante objetivos específicos:

- (i) Caracterizar y conocer la distribución de la raya mosaico dentro de la RMIP Ría de Cedeira y su variabilidad a nivel temporal
- (ii) Conocer el uso del espacio mediante los movimientos diarios o estacionales llevados a cabo por los individuos de *R. undulata* en la RMIP Ría de Cedeira.
- (iii) Estimar el grado de permanencia de los ejemplares marcados de *R. undulata*.

(iv) Intentar averiguar la utilidad de la zona como punto de reproducción para la raya mosaico.

## Material y Métodos

### Zona de estudio

La ría de Cedeira se encuentra situada al norte de la provincia de A Coruña y está formada por la desembocadura de los ríos Condomiñas, Das Mestas y Forcadas. Está delimitada al norte por el Océano Atlántico, que penetra por la boca de la ría entre Punta Chirlateira situada al oeste y Punta do Carreiro al este. Presenta una longitud aproximada de 5 kilómetros y una anchura máxima de 2 kilómetros, lo que hace que se encuentre entre las rías con menor extensión de Galicia. El litoral está principalmente compuesto por acantilados de pendientes pronunciadas, un gran arenal situado al sur de la ría, en la Ensenada do Esteiro, llamado arenal de Vilarrube y otro de menor tamaño situado al este, el arenal de San Isidro.

La Reserva Marina de Interés Pesquero (RMIP) Ría de Cedeira (Figura 2) fue creada en el año 2009 (Decreto 28/2009, del 29 de enero). Se encuentra delimitada por la línea de pleamar máxima viva equinoccial y por la línea que une O Ensebadoiro (N 43 40.815' W 8 04.518') y la punta Chirlateira (N 43 39.958' W 8 05.413') y presenta una extensión total de 744.2 Ha. La zona más extensa de la RMIP Ría de Cedeira tiene 512.6 Ha que abarcan la totalidad de la Reserva Marina a excepción de tres zonas diferenciadas dentro de la misma:

- **Reserva integral (RI) de Esteiro:** localizada en la zona sur de la reserva, con una extensión de 46.9 hectáreas (Ha). Esta zona cuenta con la protección más alta, donde no se permite realizar ningún tipo de actividad pesquera, extracción de fauna y flora o la realización de actividades subacuáticas, con la excepción de algunas actividades con fines científicos o de seguimiento de la zona (Figura 2).
- **Zona de especial protección Norte (ZEPN):** se encuentra situada al norte, en la boca de la Ría. Su extensión es de 144.3 Ha y se encuentra delimitada por las líneas que unen punta Chirlateira y Ensebadoiro en la cara norte y punta Castrelo con punta Folgoso en la cara sur (Figura 2).
- **Zona de especial protección Sur (ZEPS):** La segunda ZEP está localizada al sur de la Ría de Cedeira, en Vilarrube. Tiene una extensión de 40.3 Ha y está

delimitada al norte por la línea que une punta Robaleira con O Forno y al sur por la línea de la bajamar (Figura 2).

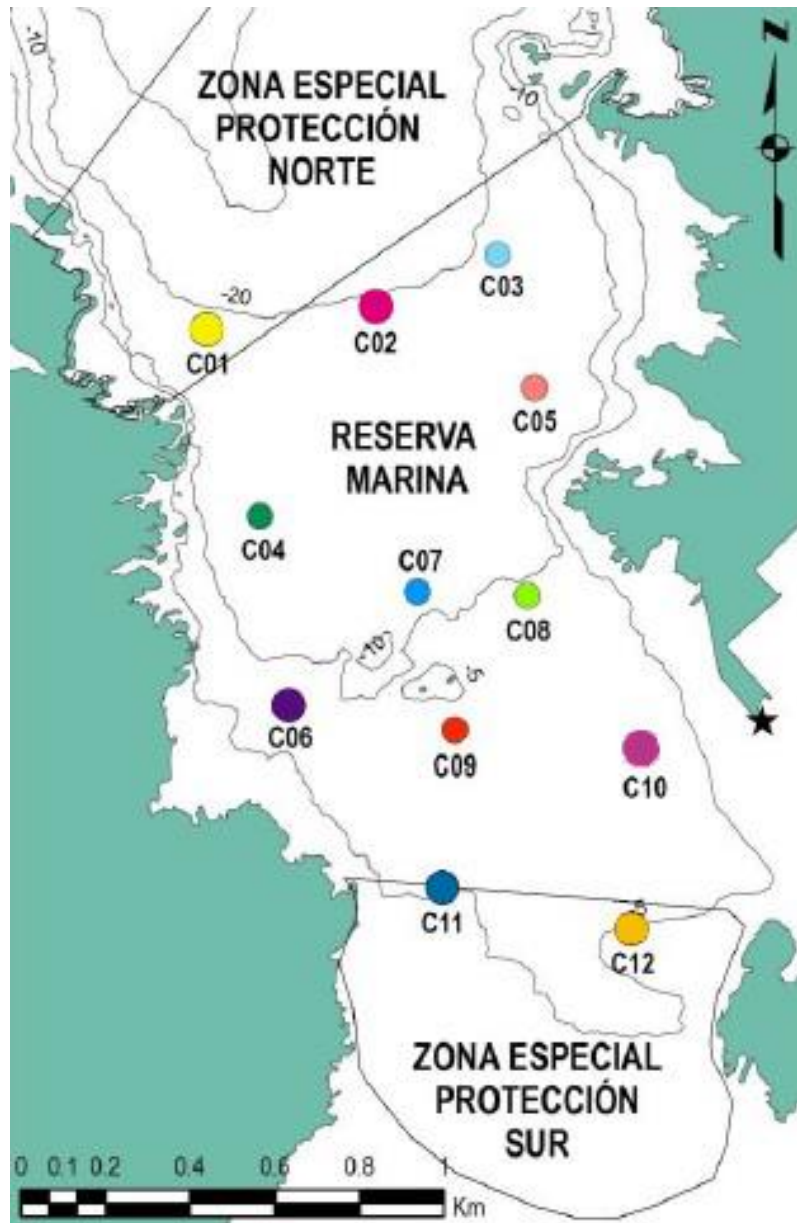
Tanto en la RI como en ambas ZEPs, la mayoría de las actividades se encuentran restringidas, con algunas excepciones en el ámbito científico y en actividades acuáticas recreativas.

### **Diseño de muestreo**

El plan de muestro diseñado para lograr los objetivos propuestos incluyó la instalación de un total de 12 receptores dentro de la RMIP Ría de Cedeira (Figura 2), con el fin de realizar el seguimiento de forma automática de los individuos de *R. undulata* a los que se les incorporó un transmisor. Cada uno de estos receptores está codificado para captar las señales emitidas por dichos transmisores en un rango de 250 m de radio. Además, gracias al software Vemco User Environment, instalado en cada receptor, todos ellos quedaron sincronizados para poder captar de igual modo las emisiones.

El anclaje de los receptores se realizó mediante buceo autónomo durante julio del 2014 y su retirada tuvo lugar en diferentes fechas, siendo retirado del mar el último de ellos el 21 de octubre de 2016. Para la elección de los puntos de anclaje dentro de la Reserva Marina se tuvieron en cuenta varios criterios:

- Se trató de colocarlos en zonas con profundidades menores a 20 m para facilitar la colocación, y donde el sustrato fuese arenoso ya que este es el hábitat preferente de la especie estudiada, estando el tipo de anclaje utilizado adaptado para este fondo.
- Se dispusieron de forma que sus áreas de detección cubrieran la mayor superficie posible de la ría, y de los diferentes grados de protección de la REMIP, intentando que hubiese cierto grado de solapamiento entre dichas áreas para una mayor precisión en la posición de los ejemplares marcados (Figura 2).



**Figura 2:** Localización de los 12 receptores VR2W dispuestos en la Reserva Marina Ría de Cedeira. La estrella indica el punto de la zona exterior del puerto de Cedeira desde donde fueron liberados todos los ejemplares de *R. undulata*. Además, se muestran las ZEPs y la parte de la Reserva Integral.

Las características de los equipos de telemetría empleados fueron las siguientes:

- **Emisores V9 (Vemco Ltd.):** Es un modelo de transmisor empleado en equipos de telemetría ultrasónica que se encuentran codificados tanto para el seguimiento manual de los individuos marcados como de forma automática mediante receptores que captan sus señales (Figura 3). Estos emisores se implantan internamente en los individuos que se van a estudiar, permitiendo que se reconozca individualmente a cada ejemplar, puesto que cada emisor presenta un número que lo identifica. Se ha escogido este modelo para que su peso no

excediese el 2% del peso del individuo. Producen señales con una frecuencia de 50 a 130 segundos durante 300 días aproximadamente, lo que permite seguir a los ejemplares durante un largo período de tiempo.

- **Receptores VR2W:** Captan las señales emitidas por los transmisores V9 que fueron implantados en los individuos estudiados. Se trata de una carcasa de plástico duro que resiste a la corrosión por del agua salada donde se encuentra un hidrófono en su interior que es el que encarga de captar las señales (Figura 3). Presenta unas dimensiones de 308 mm de largo y 73 mm de diámetro, con un peso en el aire de 1190 g y 50g en el agua y funcionan a una frecuencia de 69 kHz. Estos receptores almacenan la fecha y la hora de las señales efectuadas por los transmisores codificados de telemetría dentro de un área de detección, además del número identificador de cada emisor. La información se puede descargar posteriormente mediante una conexión inalámbrica Bluetooth. La duración de su batería es de aproximadamente 15 meses, lo que permite captar y almacenar una gran cantidad de datos durante largos períodos de tiempo.

Del total de los 12 receptores anclados en la Reserva Marina únicamente se pudieron recuperar 10 de ellos ya que 2 de ellos no se pudieron localizar, el número 3 que se encontraba situado cerca de la entrada de la zona norte de la ría de Cedeira y el número 9, localizado en la zona central de la ría, de los cuales no se pudieron descargar los datos. De los receptores 10 y 12 se obtuvieron descargas parciales de los datos almacenados hasta el 18 de noviembre del 2014 puesto que después no se localizaron y no se recuperaron. Finalmente, el receptor 2 se enredó en un aparejo de pesca el día 26 de noviembre del 2015, fue recogido por el pescador y de él se extrajeron los datos registrados hasta esa fecha.

A lo largo del estudio, un total de 18 ejemplares de *R. undulata* fueron marcados y liberados en la Reserva Marina. A cada ejemplar se le colocó un transmisor V9 (VEMCO Ltd.), intentando escoger individuos con una longitud total (LT) superior a 40 cm. Además, se le implantó a cada individuo una marca externa (*Floy tag*), que permitía identificar al ejemplar de una manera rápida y sencilla. Todos los individuos fueron medidos, pesados y se anotó también el sexo de cada uno y su fecha de liberación (Tabla 1). El punto de liberación de todos los ejemplares del estudio fue el mismo, la

zona exterior del puerto de Cedeira ubicada dentro del territorio de la Reserva Marina (Figura 2).



**Figura 3:** Modelo de transmisor V9 (Vemco Ltd.) y receptores VR2W que se utilizaron durante el seguimiento

### **Análisis de datos**

Se analizaron un total de 6465432 datos, recogidos en los receptores VR2W desde el 6 de agosto de 2014, fecha de liberación del primer ejemplar, hasta el 13 de enero de 2016 cuando se detectó por última vez a un individuo.

Se emplearon la totalidad de los datos obtenidos para todos los individuos, no descartándose ninguno de ellos a la hora de su tratamiento y análisis.

Con el fin de detectar patrones espaciales a nivel estacional y diario en el uso del espacio en la Ría de Cedeira por parte de *R. undulata* se elaboraron diagramas de dispersión individuales donde se representaron los días totales del estudio frente a las detecciones de los receptores utilizando un script (Ver Anexo) en el software R utilizando el paquete ggplot2. Se intentaron relacionar dichos movimientos con los diferentes tipos de fondos presentes en la ría, teniendo en cuenta el sexo de los individuos y el ciclo reproductivo de la especie.

Además, se calculó el período total de detección (TP) que abarcó desde el día en el que se liberó al individuo hasta el 13 de enero de 2016, última fecha en que se detectó a

alguno de los ejemplares que se estudiaron; así como los días totales de detección de cada individuo (DD). Con estos datos se calculó el índice de residencia (RI) para cada individuo con la siguiente fórmula:  $RI=DD/TP$  (Villegas *et al.*, 2013).

**Tabla 1:** Individuos marcados y liberados en la RMIP Ría de Cedeira. Se muestra el Transmisor V9 que identifica a cada individuo, las marcas externas (*Floy tags*), sexo, longitud total (cm), peso (kg), fecha de liberación y el último día en el que se detectó.

Transmisor V9	Floy Tag	Sexo	LT (cm)	Peso (Kg)	Fecha Liberación	Última detección
ID18511	#05	Hembra	74.0	4.0	06/08/2014	28/04/2015
ID18513	#07	Macho	78.0	2.1	27/08/2014	07/09/2015
ID18514	#08	Macho	84.0	4.0	27/08/2014	07/09/2015
ID18515	#12	Macho	82.0	2.6	27/08/2014	07/08/2015
ID18517	#11	Hembra	71.0	3.0	03/09/2014	02/10/2014
ID18518	#09	Hembra	69.0	3.3	03/09/2014	28/09/2014
ID18519	#13	Hembra	62.0	1.8	05/09/2014	16/09/2015
ID18520	#14	Macho	79.0	3.8	05/09/2014	05/09/2014
ID18526	#20	Hembra	74.0	3.0	13/09/2014	07/10/2014
ID18527	#21	Macho	74.0	5.0	13/09/2014	27/05/2015
ID18531	#03	Hembra	64.0	1.5	07/10/2014	19/10/2014
ID18535	#29	Hembra	87.0	5.5	11/12/2014	07/07/2015
ID18536	#30	Hembra	72.0	4.5	16/12/2014	16/12/2014
ID18537	#31	Macho	82.0	4.5	03/01/2015	13/01/2016
ID18538	#32	Hembra	87.0	8.0	03/01/2015	11/01/2016
ID18540	#34	Hembra	83.0	6.0	09/01/2015	12/10/2015
ID18541	#35	Hembra	82.5	4.3	09/01/2015	11/12/2015
ID18542	#36	Hembra	94.5	6.5	06/02/2015	30/06/2015

## Resultados

A lo largo del periodo de estudio se obtuvieron un total de 646543 detecciones del conjunto de todos los receptores recuperados y del total de individuos. Todos los ejemplares del estudio fueron detectados al menos una vez por un receptor. Se ha observado una gran variabilidad entre individuos en el número de detecciones, con valores muy elevados en dos machos de raya (ID18514 e ID18537) con más de 100000 detecciones cada uno de ellos, hasta valores por debajo de las 200 detecciones en otros dos individuos (Tabla 2).

Sin embargo, no se ha observado tanta variabilidad al analizar el número de receptores con detección por individuo ya que el 94.4% de los ejemplares de raya fueron detectados por 7 o más de los 10 receptores (el 55,6% fue detectado por los 10) (Tabla 2), mientras la hembra ID18531 fue detectada únicamente por dos de los receptores (Tabla 2). Llama la atención que aquellos individuos cuyo número de detecciones fue



muy bajo fueron sin embargo registrados por un elevado número de receptores. Ello indicaría que, si bien estos individuos no han permanecido mucho tiempo en la ría, la han utilizado espacialmente en un gran porcentaje de su superficie.

En lo relativo al número de días en que cada ejemplar ha sido detectado, se ha apreciado también una elevada variabilidad, desde individuos que solo fueron registrados un único día (la fecha de liberación) hasta un ejemplar que fue detectado en la ría de Cedeira un número de días superior a un año (377 días el macho ID18514). En la Tabla 2 se aprecia que se pueden establecer dos grupos de individuos en relación al tiempo de permanencia en aguas de la ría de Cedeira, aquellos ejemplares con un tiempo de permanencia inferior a los 60 días y otro grupo con más de 100 días en los que fueron detectados en la ría.

**Tabla 2:** Número de total de días de seguimiento (TP), número de días detectados (DD), detecciones para cada individuo y número de receptores que captaron a cada uno de los ejemplares.

<b>Transmisor V9</b>	<b>TP</b>	<b>DD</b>	<b>Detecciones</b>	<b>Receptores</b>
ID18511	526	54	47747	10
ID18513	505	217	97799	10
ID18514	505	377	128438	10
ID18515	505	145	9441	10
ID18517	498	26	11697	10
ID18518	498	3	1206	10
ID18519	496	239	64789	10
ID18520	496	1	190	10
ID18526	488	25	8949	10
ID18527	488	114	16574	10
ID18531	464	10	1639	2
ID18535	399	62	7023	8
ID18536	394	1	74	7
ID18537	376	270	131403	8
ID18538	376	107	15776	8
ID18540	370	136	28443	8
ID18541	370	207	15829	8
ID18542	341	116	59526	8
<b>Total</b>			<b>646543</b>	

De los 10 receptores de los cuales se han obtenido registros, en 5 de ellos se ha obtenido un elevado número de ellos. Estos receptores fueron los números 4, 6, 7, 8 y 11 destacando entre todos ellos el 6 y el 11 (Tabla 3), localizados ambos en la orilla sur y en la parte más interna de la ría (Figura 2). Por el contrario, los receptores situados más

externamente, en la boca de la ría, han sido los que registraron el menor número de señales (Tabla 3). Parece pues que *R. undulata* en la ría de Cedeira puede presentar un determinado patrón de uso del espacio, con una preferencia por aguas someras de la orilla sur. Esta zona se caracteriza por poseer fondos arenosos entre los que se encuentran numerosos afloramientos rocosos

**Tabla 3:** Número de detecciones por cada receptor para cada individuo y el número total de recepciones de cada receptor.

Transmisor V9	Receptor 1	Receptor 2	Receptor 4	Receptor 5	Receptor 6	Receptor 7	Receptor 8	Receptor 10	Receptor 11	Receptor 12
ID18511	1005	1746	6604	1362	3076	7550	6011	10087	2878	7428
ID18513	1125	6020	8718	10874	9969	20130	18870	3224	15393	3476
ID18514	872	452	12006	341	29921	12041	9353	10882	46806	5764
ID18515	181	24	4074	40	2149	430	81	69	2387	6
ID18517	287	707	128	1948	234	402	461	914	2455	4161
ID18518	7	80	10	155	1	312	474	129	16	22
ID18519	900	235	13081	51	6313	2981	622	2890	27988	9728
ID18520	17	38	7	25	1	31	34	20	6	11
ID18526	77	433	1773	1392	966	2168	1495	338	188	119
ID18527	357	1523	750	2574	623	1448	1073	3134	1476	3616
ID18531	0	0	0	0	0	0	0	1321	0	318
ID18535	18	6820	107	28	1	32	1	0	16	0
ID18536	15	15	4	8	0	14	16	0	2	0
ID18537	721	766	31313	176	58845	19941	2504	0	17137	0
ID18538	3764	1193	726	1546	3127	1357	1678	0	2385	0
ID18540	3044	630	1131	419	2123	4771	8480	0	7845	0
ID18541	1	966	49	12087	3	967	1736	0	20	0
ID18542	1676	3596	6708	5540	931	15937	24133	0	1005	0
<b>Total</b>	<b>14067</b>	<b>25244</b>	<b>87189</b>	<b>38566</b>	<b>118283</b>	<b>90512</b>	<b>77022</b>	<b>33008</b>	<b>128003</b>	<b>34649</b>

### Índice de residencia (RI)

El Índice de Residencia (RI) indica el uso temporal que cada uno de los individuos hace de la ría. Valores cercanos a 1 indican un elevado uso, mientras que los cercanos al 0 indicarían un uso mínimo de la misma. Se puede observar que en general los ejemplares de *R. undulata* no permanecen dentro de las aguas de la ría durante un periodo muy extenso del año. Únicamente 2 individuos (ID18514 e ID18537) presentan un elevado valor de dicho índice (0.75 y 0.72 respectivamente) indicando un uso elevado del espacio de la ría (Tabla 4).

Sin embargo, en el conjunto de los individuos estudiados, los valores del RI han sido inferiores a 0.5 (Tabla 4) e incluso en algunos casos se observan valores muy bajos, (cercanos al 0) indicando ello que *R. undulata* no hace un uso muy elevado de la ría de Cedeira pasando menos de la mitad del tiempo del estudio en la misma.

Así, el valor medio del RI sería igual a 0.27, lo que indica claramente que *R. undulata* hace un uso temporal parcial del espacio dentro de la Reserva Marina Ría de Cedeira.

**Tabla 4:** Resultado del cálculo del índice de residencia (RI) para cada uno de los individuos.

<b>Transmisor V9</b>	<b>RI</b>
ID18511	0.10
ID18513	0.43
ID18514	0.75
ID18515	0.29
ID18517	0.05
ID18518	0.01
ID18519	0.48
ID18520	<0.01
ID18526	0.05
ID18527	0.23
ID18531	0.02
ID18535	0.16
ID18536	<0.01
ID18537	0.72
ID18538	0.28
ID18540	0.37
ID18541	0.56
ID18542	0.34

### **Diagramas de dispersión**

A partir de los datos recopilados por los receptores se elaboraron diagramas de dispersión individuales con el fin de poder determinar la existencia de patrones espacio-temporales en el uso de la Reserva Marina Ría de Cedeira por la especie *R. undulata*. Estos diagramas aparecen como un Anexo al final del presente trabajo.

El análisis de dichos diagramas indica que, por una parte, cuatro hembras (18511, 18517, 18519 y 18526) y tres machos (18513, 18527 y 18537) permanecieron la mayor parte de su tiempo en las zonas centrales e internas de la Reserva, con un mayor número de detecciones en los receptores C07, C08, C10, C11 y C12. Todos ellos realizaron movimientos en el interior de la Reserva pudiendo llegar a salir de la misma durante varios meses (1-7 meses) siendo captados por los receptores más externos (C01 y C02).

Tres hembras (18538, 18540 y 18542) presentaron movimientos muy irregulares, no pudiéndose determinar patrones ya que se movían por todo el territorio de la Reserva, siendo captados por diferentes receptores (C01, C02, C04, C07, C08, C11). No

obstante, los individuos 18540 y 18542 llegaron a asentarse en la primavera del 2015, en la zona donde se encontraba el receptor C08 hasta que desaparecieron de la reserva en octubre y junio respectivamente, de ese mismo año.

Los individuos 18515, 18518, 18520 y 18536 (dos hembras y dos machos) abandonaron la zona de estudio rápidamente. En el caso de 18520 y 18536, en menos de 24 horas ya habían salido y no se volvieron a detectar nunca más durante el período de estudio. Los ejemplares 18515 y 18518 desaparecieron en menos de 24 horas, pero el primero regresó a la Reserva donde fue detectado por los receptores de la zona central e interna, mientras que el segundo volvió un par de días, tras los cuales abandonó de nuevo la zona de estudio sin detectarse más.

El ejemplar 18531 presentó un patrón singular puesto que solamente se le detectó en dos de los receptores (C10 y C12) de forma intermitente entre ambos. Al encontrarse estos en la parte interna de la Reserva y puesto que no se obtuvieron datos de que saliera de la zona de muestreo, cabe esperar que dicho ejemplar muriera dentro del área de estudio y su cadáver quedara en el fondo a merced de los movimientos de las corrientes, lo que reflejaría que fuese captado por dichos receptores de esta forma.

El individuo 18535 permaneció la mayor parte de su tiempo entrando y saliendo del área de estudio siendo captado por el receptor C02 y apenas penetró en el interior de la ría al principio del estudio.

Finalmente, el ejemplar 18541 al inicio del estudio apenas mostró movimiento en las horas diurnas, incrementándose dicho movimiento al anochecer en las zonas externas de la Reserva, donde se encontraban situados los receptores C02 y C05. Dicho patrón cambió de agosto a octubre del 2015, cuando aumentaron los movimientos durante el día, llegando a penetrar a zonas más internas de la Reserva hasta que finalmente salió en diciembre del mismo año.

## **Discusión**

Los resultados obtenidos en el presente trabajo nos han permitido conocer a grandes rasgos la distribución de la raya mosaico *R. undulata* en la RMIP-Ría de Cedeira, pero es necesario un análisis más exhaustivo de los datos recopilados para obtener patrones temporales y espaciales de uso del espacio más concretos y una visión más detallada para cada uno de los ejemplares.

La presencia de *R. undulata* ha sido detectada en todos los receptores colocados en la RMIP-Ría de Cedeira, aunque dicha especie parece mostrar una mayor preferencia por las zonas centrales e internas de la ría, principalmente de la orilla sur, caracterizadas por ser zonas de profundidades poco elevadas y con fondos en los que destaca la mezcla de zonas rocosas y arenosas dominando estas últimas. Es llamativo qué, si bien en la orilla norte también nos encontramos con este tipo de fondos, estas zonas hayan sido mucho menos utilizadas por parte de los ejemplares de raya mosaico estudiados. Posiblemente el diferente régimen de corrientes que presenten ambas orillas sea una de las causas de este patrón de uso espacial diferenciado.

Aunque la ría de Cedeira no cuente con una pesquería específica para la captura de raya, esta es una de las especies más importantes para la flota que faena en la misma y por ello, es importante conocer el impacto real de la pesquería con el fin de salvaguardar determinadas zonas como la zona central de la reserva donde realizaron gran parte de sus movimientos las rayas estudiadas, y en la cual las actividades pesqueras están permitidas.

La mayoría de los individuos marcados permanecieron en aguas de la ría durante períodos de tiempo cortos, con individuos que no sobrepasaron las 24 horas y otros que permanecieron por unos días o semanas, para después abandonar la ría sin volver a ser detectados por los receptores. Solamente 3 de los 18 individuos marcados permanecieron más de la mitad del tiempo en la Reserva, lo que indica una baja residencia en la zona de estudio. Este comportamiento es de gran importancia por las implicaciones que ello puede tener tanto para la dinámica de la especie y su conservación, como para la propia pesquería de esta especie, tanto a nivel de la ría como a nivel de toda Galicia.

Centrándonos en el comportamiento espacial dentro del área de estudio, algunos ejemplares presentaron una elevada movilidad, quedando registrados sus movimientos en varios de los receptores, mientras que otros individuos salían y entraban constantemente de la reserva, apareciendo días o incluso meses más tarde después de haber salido. Esto permite en consonancia con lo expuesto anteriormente, afirmar que el rango espacial de la especie parece superar los límites de la Reserva Marina e incluso de la propia Ría de Cedeira. Por lo tanto, a la hora de establecer algún tipo de plan dirigido a la protección o conservación de la raya mosaico, habría que tener en cuenta estas características dado que parece claro que herramientas como la Reserva Marina Ría de

Cedeira no cumple con todas las necesidades de la *R. undulata* y por tanto tendría un efecto muy limitado sobre su posible protección y conservación.

El valor medio del índice de residencia ha sido muy inferior a la mitad ( $RI_{\text{medio}}=0.27$ ), lo que parece indicar que las rayas mosaico se localizan en zonas externas a la ría de Cedeira, aunque penetran en su interior. Hay que tener en cuenta que los ejemplares utilizados para este estudio eran adultos, los cuales muestran preferencias por aguas más profundas, aunque se suelen encontrar a profundidades de 20-30 m (Moura *et al.*, 2008) mientras que los ejemplares más jóvenes suelen habitar zonas más someras, pudiendo ser este un factor determinante a la hora de intentar conocer el grado de residencia de la raya mosaico en la ría de Cedeira. Comentar que algún ejemplar pudo haber muerto durante el estudio (18531) y otros abandonaron la zona en menos de 24 horas (18520 y 18536) influyendo en la determinación del índice.

Dado que la dieta de esta especie se compone principalmente de invertebrados y vertebrados del lecho marino y que presentan preferencia por sustratos blandos de tipo arenosos o fangoso, cabe esperar que la RMIP-Ría de Cedeira sea una zona preferente tanto para la reproducción como para la alimentación de *R. undulata*. Además, se ha comentado que los juveniles de esta especie presentan una clara preferencia por aguas someras de rías y estuarios, lo que hace de esta RM un punto de referencia para su crecimiento y desarrollo (Moura *et al.*, 2007; Bañón *et al.*, 2008).

La estación reproductiva de *R. undulata* se produce en invierno, cuando los ovarios de las hembras presentan un mayor volumen y cuando se encuentran los huevos encapsulados dentro del útero (Coelho & Erzini, 2006). Sin embargo, los huevos son liberados al inicio de la primavera hasta finales de mayo o prolongándose hasta junio, por lo que cabría esperar que las hembras entrasen al interior de la reserva a dejar las petacas en dicha época.

En nuestro estudio se ha observado que tres hembras (18519, 18538 y 18542) pasaron los inviernos fuera de la reserva, pero regresaron a principios de la primavera al interior de la ría por lo que podemos deducir que dichos ejemplares entraron para poder desovar en sus aguas. Las hembras restantes no se encontraban dentro de la reserva en la estación reproductiva y aquellas que estaban se encontraban en las zonas más exteriores de la reserva, no llegando a penetrar a zonas más resguardadas y someras, por lo que

podemos concluir que no llegaron a reproducirse en el interior de la RMIP-Ría de Cedeira.

Los machos permanecieron fuera de la reserva o en el límite de la misma excepto tres de ellos (18513, 18515 y 18537) los cuales entraron o ya se encontraban dentro del área de estudio durante la estación reproductiva por lo que no presentó mucha relevancia a la hora de concluir si acudieron a sus aguas para encontrarse con las hembras y reproducirse.

## **Conclusiones**

1- La raya mosaico habita la RMIP-Ría de Cedeira, localizándose en las aguas más internas de la misma, donde tanto el tipo de sustrato como seguramente el alimento que encuentran, otorgan lugares óptimos para llevar a cabo un correcto crecimiento y desarrollo tanto de los ejemplares juveniles como de los adultos.

2- Se observaron patrones en los movimientos de algunos ejemplares estudiados que permiten identificar las zonas centrales e internas como aquellas con mayor interés para esta especie. Además, otros individuos abandonaron la reserva, pero se volvieron a adentrar n el mismo día o meses más tardes lo que indica que esta especie realiza movimientos fuera de la zona de estudio, por lo que una ampliación de la RM beneficiaría a dicha especie.

3- El valor del índice de residencia fue inferior a 0.5 para la mayoría de los individuos estudiados (15 de 18), aunque varios individuos abandonaron sus aguas en muy poco tiempo de estudio lo que influyó negativamente en el valor medio del índice.

4- No se observaron grandes distinciones en los patrones entre machos y hembras, salvo que algunas entraron en la época de reproducción en la ría para seguramente desovar en sus aguas mientras que los machos permanecieron dentro de esta o no llegaron a entrar.

## **Bibliografía**

Arostegui, M. C., Essington, T. E. & Quinn, T. P. 2017. Interpreting vertical movement behavior with holistic examination of depth distribution: a novel method reveals cryptic diel activity patterns of Chinook salmon in the Salish Sea. *Animal Biotelemetry*, 5:2.

- Baeta, F., Batista, M., Maia, A., Costa, M. J. & Cabral, H. 2010. Elasmobranch bycatch in a trammel net fishery in the Portuguese west coast. *Fisheries Research*, 102: 123-129.
- Bañón, R., Quinteiro, R., García, M., Juncal, L., Campelos, J., Gancedo, A., Lamas, F., Morales, C. & Landín, J. (2008). Composición, distribución y abundancia de rayas (Elasmobranchii: Rajidae) en aguas costeras de Galicia. *Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*, 10: 325–331.
- Batista, M. I., Teixeira, C. M. & Cabral, H. N. 2009. Catches of target species and bycatches of an artisanal fishery: The case study of a trammel net fishery in the Portuguese coast. *Fisheries Research*, 100, 167–177.
- Bauchot, M.L. 1987. Raies et autres batoides. En: Fischer, W., Bauchot, M.L. & Schneider, M. (eds.). *Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche. (rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. II*. Roma: Comisión de la Comunidad Europea y FAO, 845-886.
- Bond, M.E., Valentine-Albanese, J., Babcock, E. A., Abercrombie, D., Lamb, N. F., Miranda, A., Pikitch, E. K. & Chapman, D. D. 2017. Abundance and size structure of a reef shark population within a marine reserve has remained stable for more than a decade. *Marine Ecology Progress Series*, 576: 1-10.
- Brooks, J. L., Boston, C., Doka, S., Gorsky, D., Gustavson, K., Hondorp, D., Isermann, D., Midwood, J. D., Pratt, T. C., Rous, A. M., Withers, J. L., Krueger, C. C. & Cooke, S. J. 2017. Use of Fish Telemetry in Rehabilitation Planning, Management, and Monitoring in Areas of Concern in the Laurentian Great Lakes. *Environmental Management*.
- Cailliet, G. M., Mollet, H. F., Pittenger, G. G., Bedford, D. & Natanson, L. J. 1992. Growth and Demography of the Pacific Angel Shark (*Squatina californica*), Based upon Tag Returns off California. *Marine and Freshwater Research*, 43: 1313-1330.
- Cailliet, G.M., Musick, J. A., Simpfendorfer, C. A. & Stevens, J. D. 2005. Ecology and life history characteristics of chondrichthyan fish. En: Fowler, S.L., Cavanagh, R. D., Camhi, M., Burgess, G. H., Cailliet, G., Fordham, S. V., Simpfendorfer, C. A. & Musick, J. A. (Editores y compiladores). *Sharks, Rays and Chimaeras*:



- The Status of the Chondrichthyan Fishes, Status Survey*. Suiza y Cambridge (RU), 12-18.
- Capra, H., Plichard, L., Bergé, J., Pella, H., Ovidio, M., McNeil, E. & Lamouroux N. 2017. Fish habitat selection in a large hydropeaking river: Strong individual and temporal variations revealed by telemetry. *Science of The Total Environment*, 578: 109-120.
- Castro, A. & Rosa, R. S. 2005. Use of natural marks on population estimates of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, at Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 72: 213-221.
- Coelho R. & Erzini, K. 2006. Reproductive aspects of the undulate ray, *Raja undulata*, from the south coast of Portugal. *Fisheries Research*, 81: 80-85.
- Coelho, R., Bertozzi, M., Ungaro, N. & Ellis, J. 2009. *Raja undulata*. The IUCN Red List of Threatened Species. Consultada el 12 de abril de 2018. <<http://www.iucnredlist.org/>>
- Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., Cavanagh, R. D., Kyne, P. M., Harrison, L. R., Carlson, J. K., Davidson, L. N. K., Fordham, S. V., Francis, M. P., Pollock, C. M., Simpfendorfer, C. A., Burgess, G. H., Carpenter, K. E., Compagno, L. J. V., Ebert, D. A., Gibson, C., Heupel, M. R., Livingstone, S. R., Sanciangco, J. C., Stevens, J. D., Valenti, S. & White, W.T. 2014. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLIFE*.
- Espinoza, M., Lédée, E., Simpfendorfer, C., Tobin, A. & Heupel, M. 2015. Contrasting movements and connectivity of reef-associated sharks using acoustic telemetry: implications for management. *Ecological Applications*, 25(8): 2101-2118.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2018. Consultada el 15 de marzo de 2018. <http://www.fao.org/fishery/statistics/es>
- Giocalone, V. M., D'Anna, G., Pipitone, C. & Badalamenti, F. 2006. Movements and residence time of spiny lobsters, *Palinurus elephas* released in a marine protected area: an investigation by ultrasonic telemetry. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86: 1101-1106.

- Hoening, J. M. & Gruber, S. H. 1990. Life-History Patterns in the Elasmobranchs: Implications for Fisheries Management. En: Pratt Jr., H. L., Gruber, S. H. & Taniuchi, T. (eds). *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*, Springfield (EEUU): NOAA Technical Report, Department of Commerce.
- ICES (2006) Report of the Working Group on Elasmobranch Fishes (WGEF). International Council for the Exploitation of the Sea, Copenhagen.
- Kusher, D. I., Smith, S. E. & Cailliet, G. M. 1992. Validated age and growth of the leopard shark, *Triakis semifasciata*, with comments on reproduction. *Environmental Biology of Fishes*, 35: 187-203.
- Lea, J. S. 2017. *Migratory behaviour and spatial dynamics of large sharks and their conservation implications*. Tesis Doctoral. Universidad de Plymouth, Facultad de Ciencias, Escuela Marina de Ciencias e Ingeniería.
- Marshall, A., Mills, J. S., Rhodes, K. L. & McIlwain, J. 2011. Passive acoustic telemetry reveals highly variable home range and movement patterns among unicornfish within a marine reserve. *Coral Reefs*, 30: 631-642.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 2018. Consultada el 10 de abril de 2018. <<http://www.mapama.gob.es/es/>>
- Moura, T., Figueiredo, I., Farias, I., Serra-Pereira, B., Coelho, Erzini, K., Neves, A. & Gordo, L. S. 2007. The use of caudal thorns for ageing *Raja undulata* in the Portuguese continental shelf in relation with its reproductive cycle. *Marine and Freshwater Research*, 58: 983-992.
- Moura, T., Figueiredo, I., Farias, I., Serra-Pereira, B., Neves, A., Borges, M. F. & Gordo, L. S. 2008. Ontogenetic dietary shift and feeding strategy of *Raja undulata* Lacepède, 1802 (Chondrichthyes: Rajidae) on the Portuguese continental shelf. *Scientia Marina*, 72, 311–318.
- Myers, R. A., Baum, J. K., Shepherd, T. D., Powers, S. P. & Peterson, C. H. 2007. Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science*, 315: 1846-1850.

- Nash, K. L., Welsh, J. Q., Graham, N. & Bellwood, D. R. 2014. Home-range allometry in coral reef fishes: comparison to other vertebrates, methodological issues and management implications. *Oecologia*.
- Pita, P. & Freire, J. 2011. Movements of three large coastal predatory fishes in the northeast Atlantic: a preliminary telemetry study. *Scientia Marina*, 75(4): 759-770.
- Serra-Pereira, B. M. 2010. *Skates and rays diversity, exploration and conservation – case-study of the thornback ray, Raja clavata*. Directores: Leonel Serrano Gordo e Ivone Figueiredo. Tesis doctoral. Universidad de Lisboa, Departamento de Biología Animal.
- Sharktrust. 2018. Consultada el 10 de marzo de 2018. <<https://www.sharktrust.org/>>
- Stehmann, M., Burkel, D.L., 1984. Rajidae. In: Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J., Tortonese, E. (Eds.), *Fishes of the Northeastern Atlantic and Mediterranean*, París: 163–196.
- Stevens, J. D., Bonfil, R., Dulvy, N. K. & Walker, P. A. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57 (3): 476–494.
- Villegas-Ríos, D., Alós, J., March, D., Palmer, M., Mucientes, G. & Saborido-Rey, F. 2013. Home range and diel behavior of the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, determined by acoustic telemetry. *Journal of Sea Research*, 80: 61–71.
- White, E. R., Myers, M. C., Flemming, J. M. & Baum, J. K. 2015. Shifting elasmobranch community assemblage at Cocos Island an isolated marine protected area. *Conservation Biology*, 29 (4): 1186-1197.
- Worm, B., Davis, B., Kettner, L., Ward-Paige, C. A., Chapman, D., Heithaus, M. R., Kessel, S. T., Gruber, S. H. 2013. Global catches, exploitation rates and rebuilding options for sharks. *Marine Policy*, 40: 194–204.
- Xunta de Galicia, Consellería do Mar. Pesca de Galicia. 2018. Consultada el 25 de mayo de 2018. <<https://www.pescadegalicia.gal/>>

## Anexo

### Script R:

```
###ÀD—nde est:n los csv?###  
Misc-Change Working Directory...  
rm(list=ls())  
library(ggplot2)  
###Scatter plot des détections###  
tag<-read.table("Libro1.csv", header=TRUE, sep=";", na.strings="NA")  
tag$timestamp <- as.POSIXct(paste(tag$Date,tag$Hour), "%d/%m/%Y %H:%M:%S",  
tz="GMT")  
tag$hms <- format(tag$timestamp, format = "%H:%M:%S")  
tag$hms <- as.POSIXct(tag$hms, format = "%H:%M:%S")  
###Courbes de sunrise & sunset###  
diel<-read.table("Sunrise_Sunset_Cedeira.csv", header=TRUE, sep=";",  
na.strings="NA")  
diel$HL1 <- as.POSIXct(paste(diel$Date,diel$HL), "%d/%m/%Y %H:%M",  
tz="GMT")  
diel$sunrise <- format(diel$HL1, format = "%H:%M:%S")  
diel$sunrise <- as.POSIXct(diel$sunrise, format = "%H:%M:%S")  
diel$HC1 <- as.POSIXct(paste(diel$Date,diel$HC), "%d/%m/%Y %H:%M",  
tz="GMT")  
diel$sunset <- format(diel$HC1, format = "%H:%M:%S")  
diel$sunset <- as.POSIXct(diel$sunset, format = "%H:%M:%S")  
###Scatter plot détections + courbes sunset&sunrise Individual###  
Receptor01="#FFFF00" #LIMON  
Receptor02="#FF2F92" #FRESA  
Receptor03="#76D6FF" #CIELO  
Receptor04="#009051" #MUSGO  
Receptor05="#FF7E79" #SALMON  
Receptor06="#531B93" #BERENJENA  
Receptor07="#0096FF" #AQUA  
Receptor08="#8EFA00" #LIMA
```

Receptor09="#FF2600" #CEREZA

Receptor10="#D783FF" #LAVANDA

Receptor11="#005493" #OCEANO

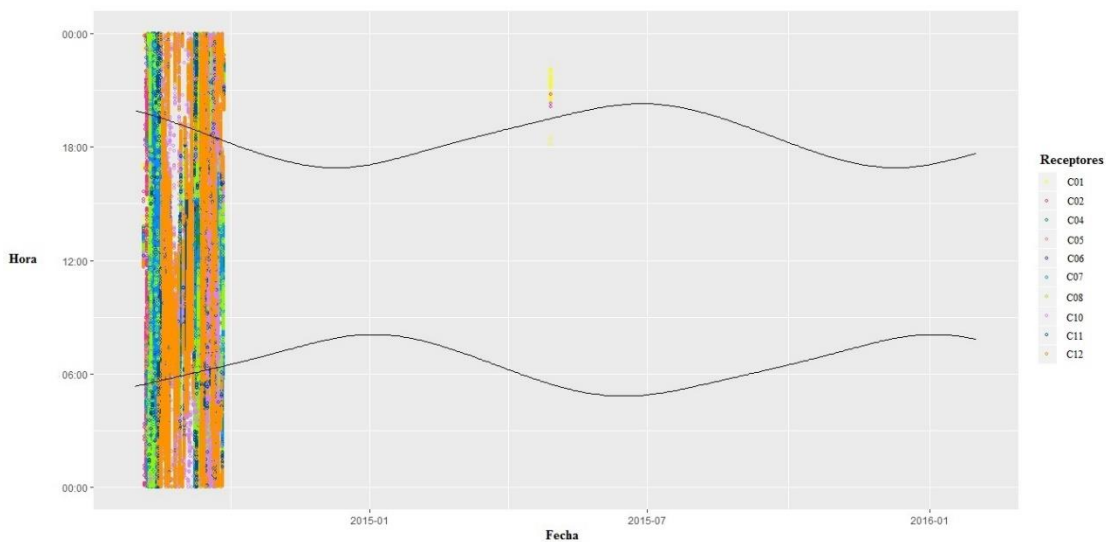
Receptor12="#FF9300" #MANDARINA

```
p1<-ggplot()+ geom_point(data=tag, aes(tag$timestamp, y=hms,colour = Receiver),shape = 1, size = 1)+ geom_line(data=diel, aes(x=diel$HL1, y=sunrise )) + geom_line(data=diel, aes(x=diel$HC1,y=sunset))+ xlab("Date") + ylab("Time")+ scale_colour_manual(values = c(Receptor01, Receptor02, Receptor04, Receptor05, Receptor06, Receptor07, Receptor08, Receptor10, Receptor11, Receptor12),name = "Receivers", breaks = c("VR2W-110850", "VR2W-110851", "VR2W-110854", "VR2W-110856", "VR2W-110857", "VR2W-125501", "VR2W-125502", "VR2W-125504", "VR2W-125505", "VR2W-125506")) p1
```

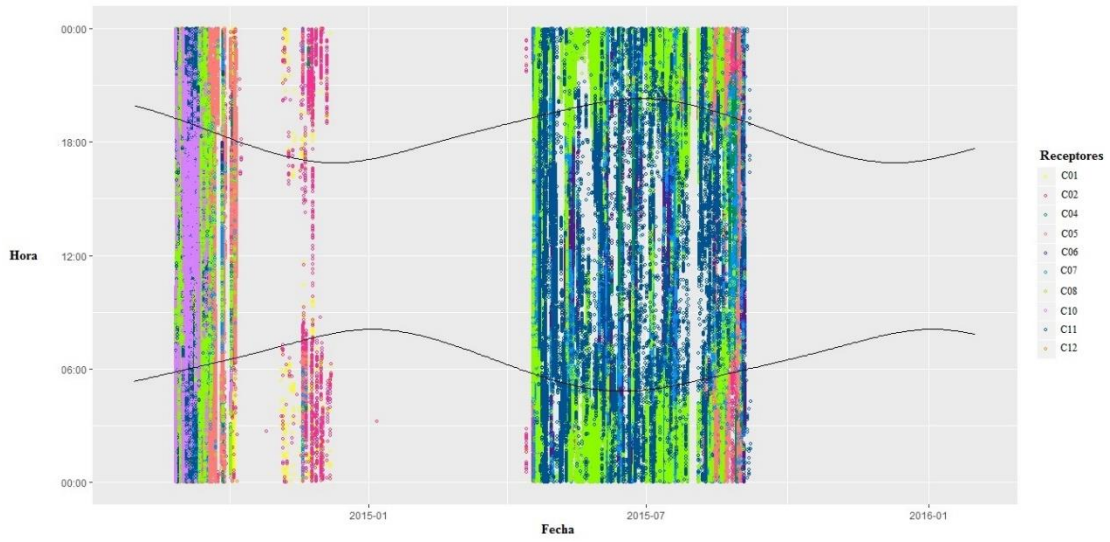
### Diagramas de dispersión:

Diagramas de dispersión individuales para cada ejemplar de *Raja undulata*. Las líneas coloreadas verticales representan las señales diarias captadas por los diferentes receptores. Las líneas negras representan la salida y puesta del sol a lo largo del período de estudio.

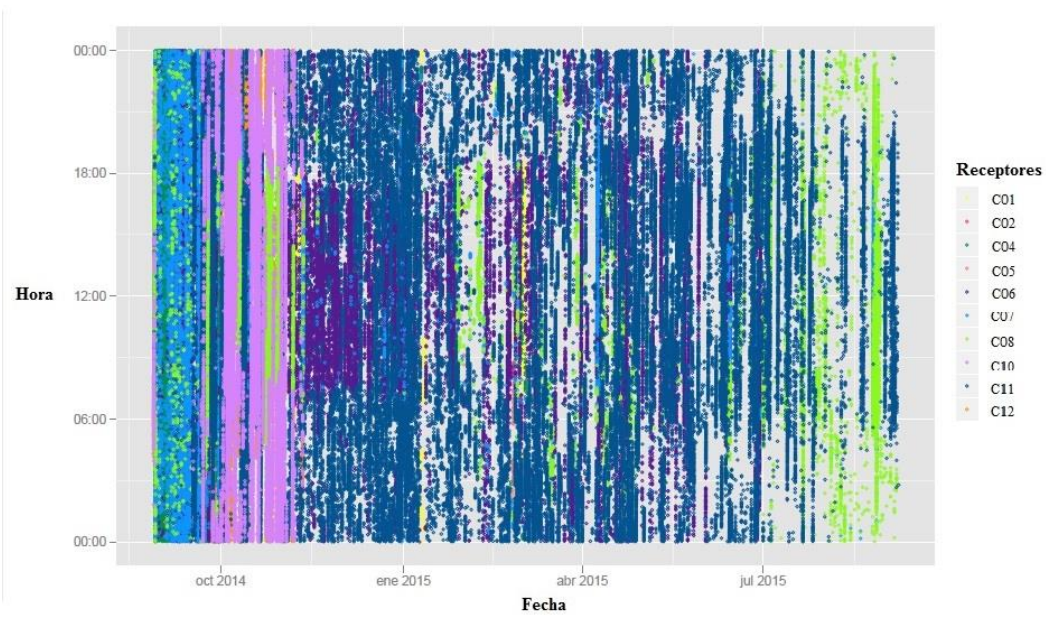
**ID18511** ♀ 74 cm LT



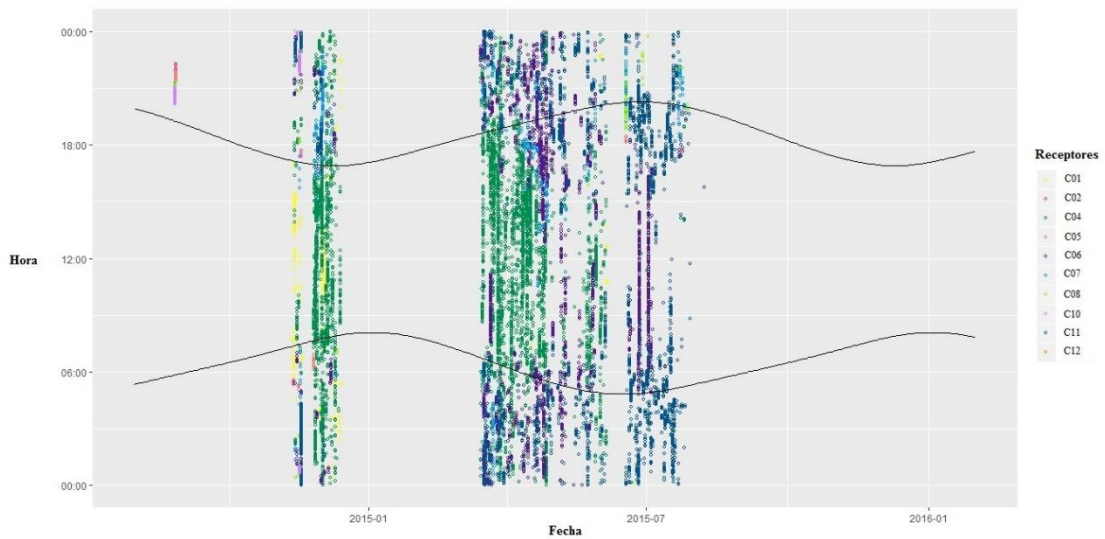
**ID18513** ♂ 78 cm LT



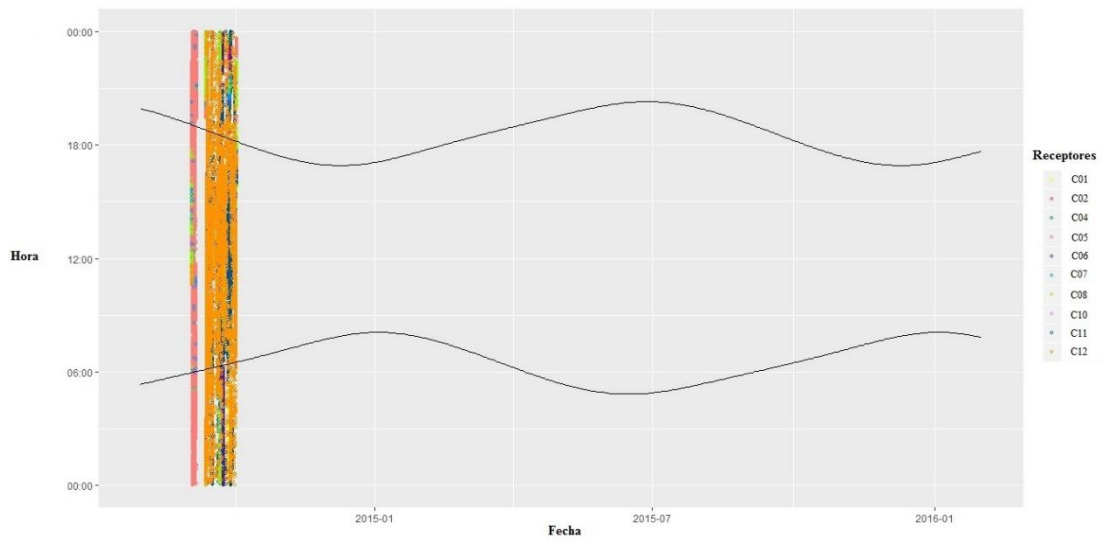
**ID18514** ♂ 84 cm LT



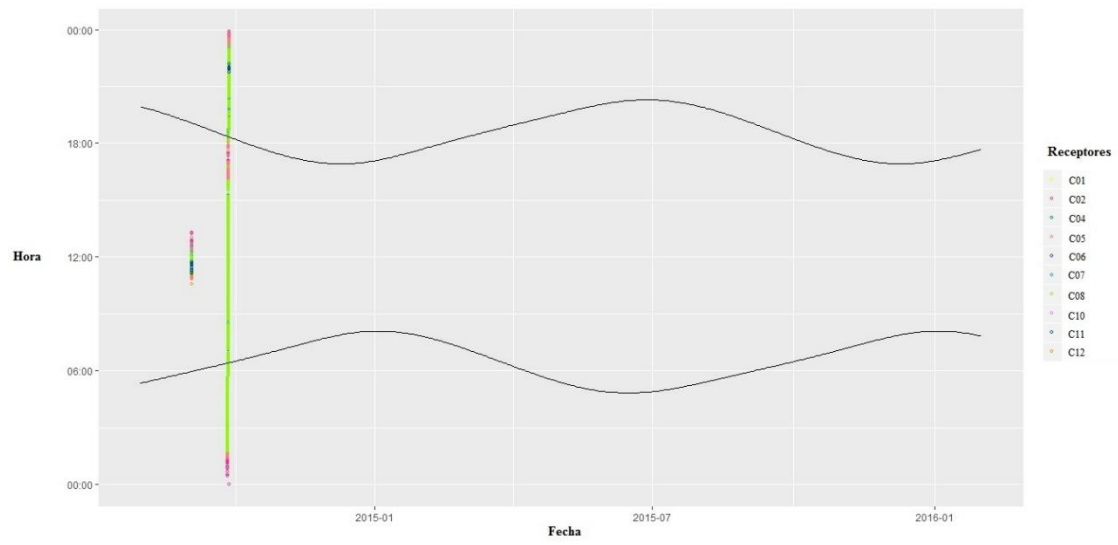
**ID18515** ♂ 82 cm LT



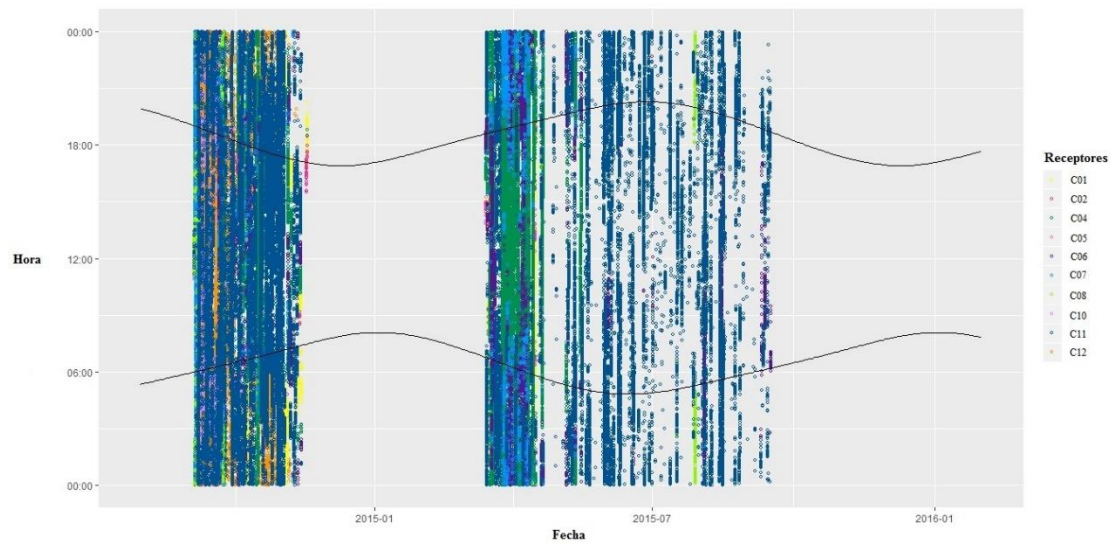
**ID18517 ♀ 71 cm LT**



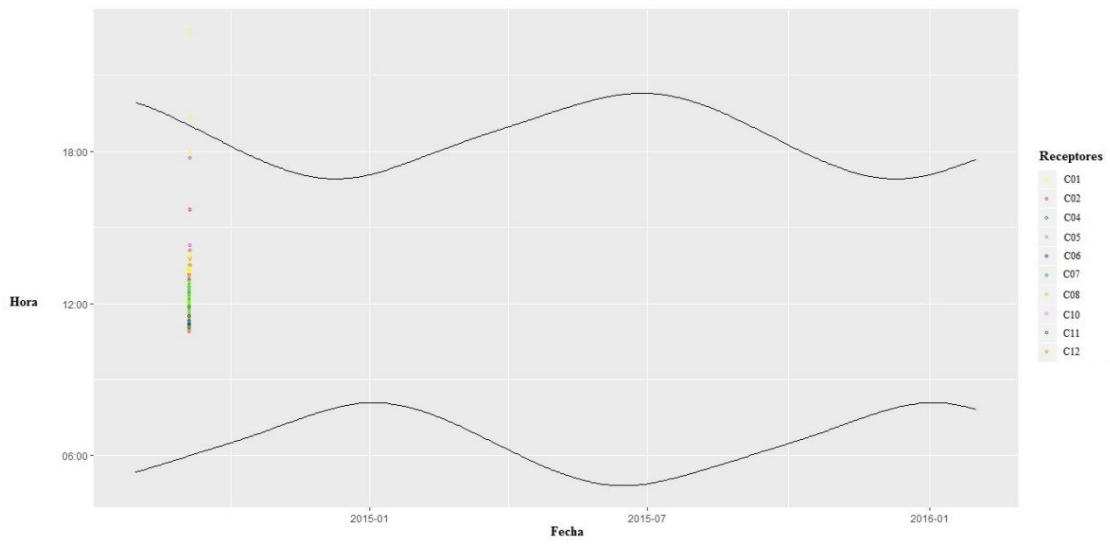
**ID18518 ♀ 69 cm LT**



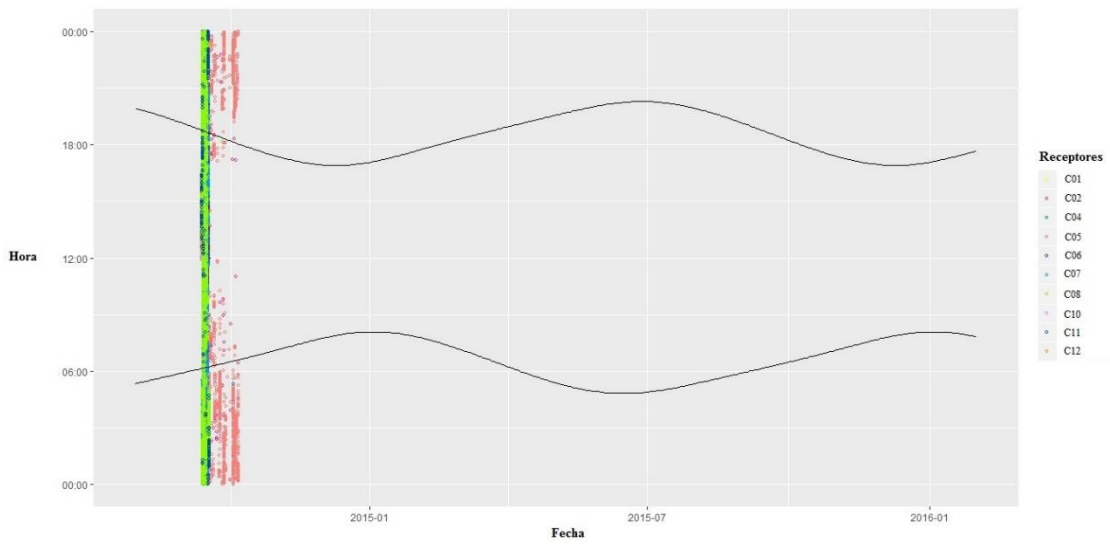
**ID18519 ♀ 62 cm LT**



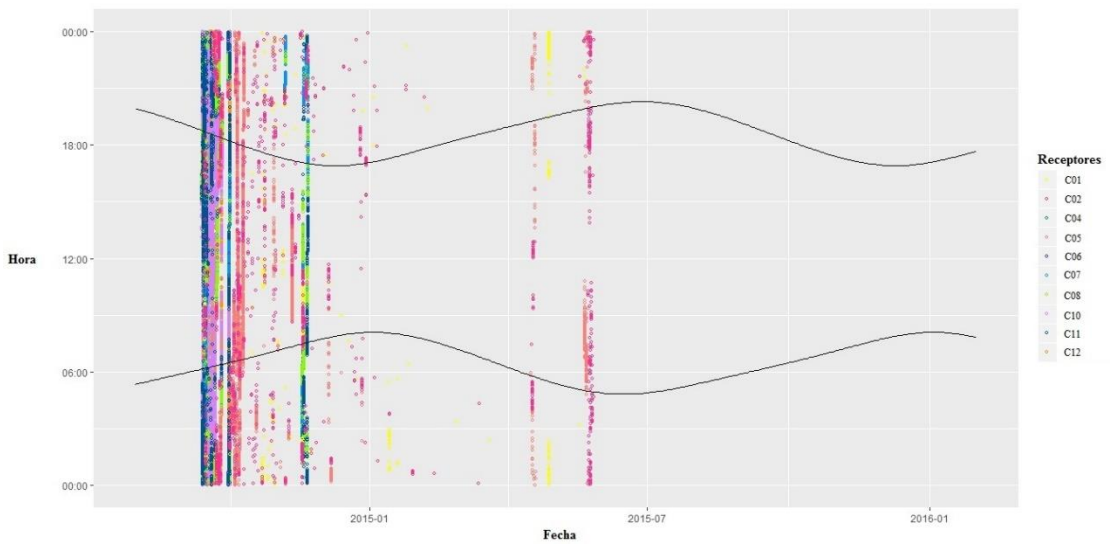
**ID18520 ♂ 79 cm LT**



**ID18526 ♀ 74 cm LT**

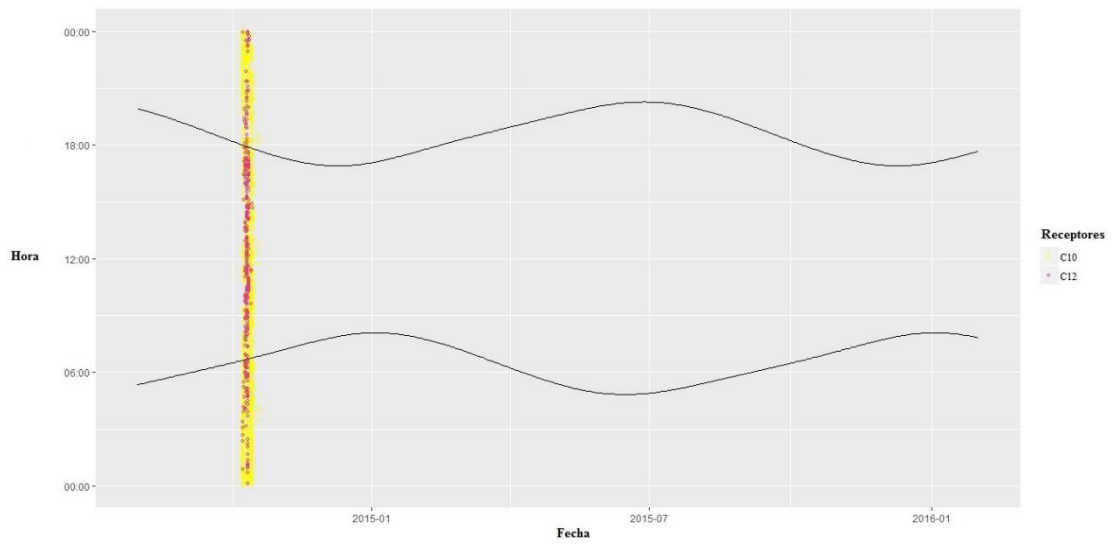


**ID18527 ♂ 74 cm LT**

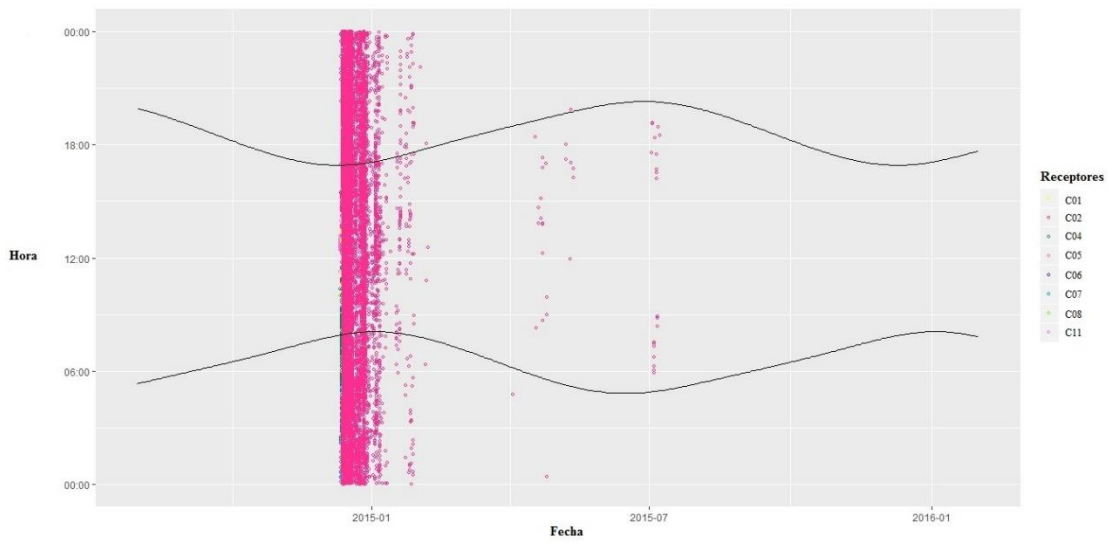




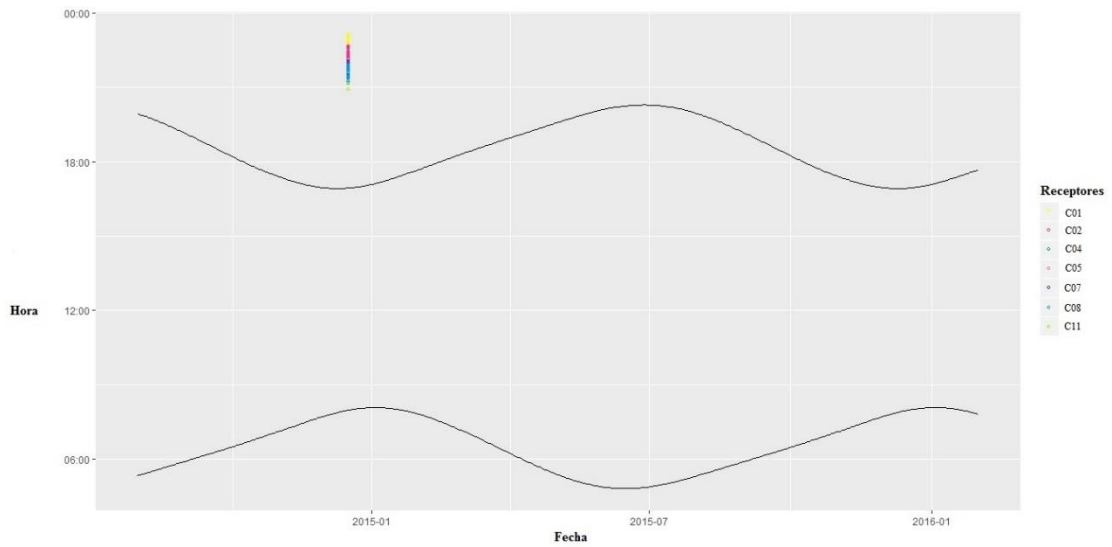
**ID18531 ♀ 64 cm LT**



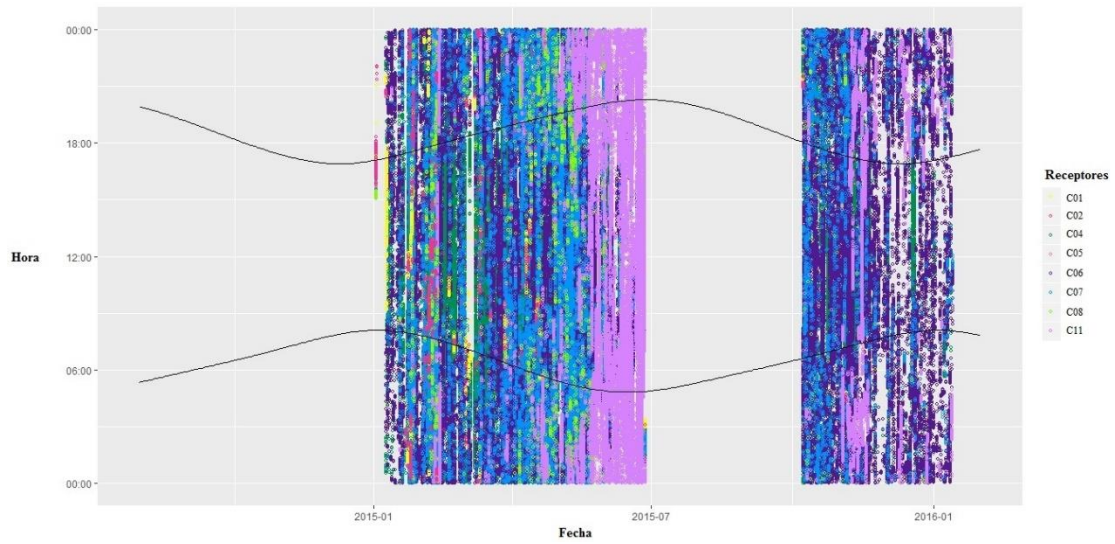
**ID18535 ♀ 87 cm LT**



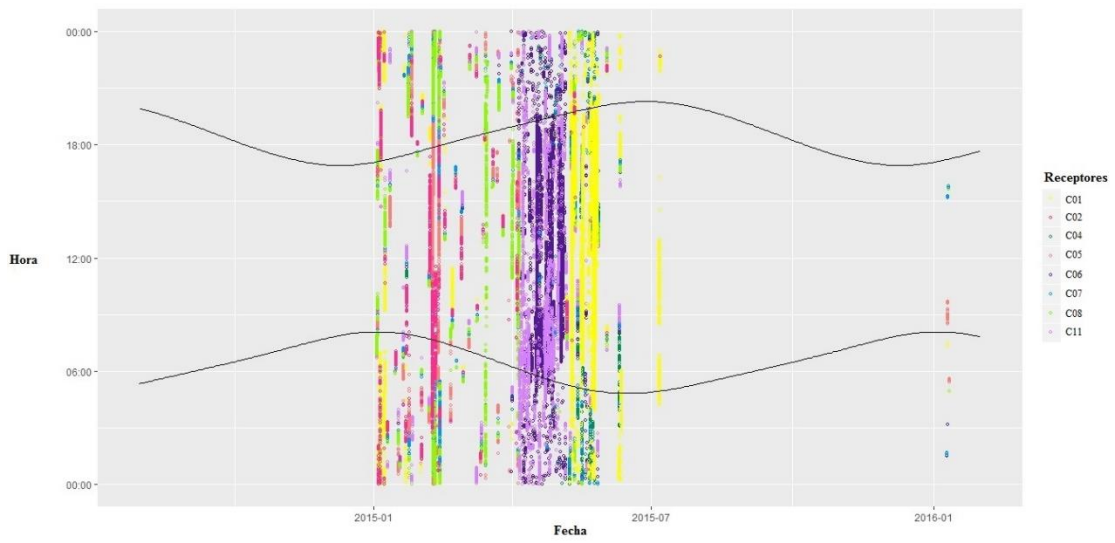
**ID18536 ♀ 72 cm LT**



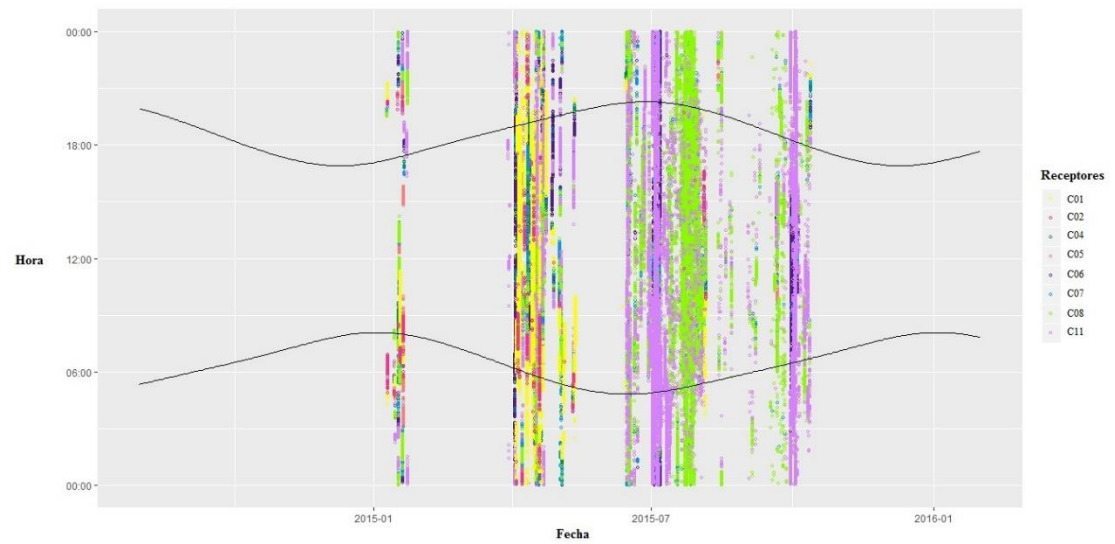
**ID18537 ♂ 82 cm LT**



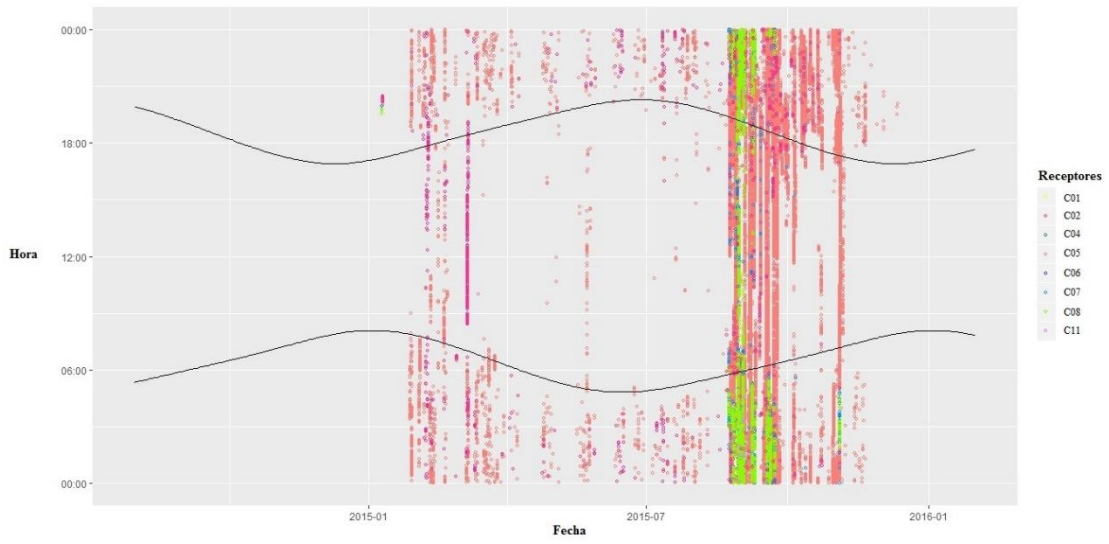
**ID18538 ♀ 87 cm LT**



**ID18540 ♀ 83 cm LT**



**ID18541** ♀ 82.5 cm LT



**ID18542** ♀ 94.5 cm LT

