



**Generalitat  
de Catalunya**



**PROYECTO LIFE PLETERA  
(ref. LIFE 13 NAT/ES/001001)**

**INFORME 2014 -2018**

**NIVELES DE AGUA Y SALINIDAD**



**Mònica Martinoy y Josep Pascual**

**Torroella de Montgrí. Diciembre 2018**

## ÍNDICE

0.	RESUMEN .....	4
1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	HIDROLOGIA GENERAL DEL SISTEMA DE LA PLETERA .....	6
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
4.	TOPOGRAFIA .....	11
	4.1 Cotas de agua en la Pletera .....	11
	4.2 Criterios a la hora de determinar el cero de la topografía: .....	12
6.	SEGUIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LOS FENÓMENOS METEOROLÒGICOS .....	14
	6.1 Precipitaciones.....	16
	6.2 Temperaturas.....	17
	6.3 Evaporación .....	17
	6.4 Viento.....	18
	6.5 El mar: nivel del mar .....	19
	6.5 El mar: olas y temporales.....	20
7.	PRINCIPALES INUNDACIONES. SEGUIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES Y LAS COTAS DE AGUA 21	
	7.1 Principales inundaciones.....	21
	7.2 La laguna de FRA datos de niveles de agua 1999- 2018 .....	24
	7.3 Aspectos a tener en cuenta en el monitoreo de los niveles de la marisma .....	26
8.	DESCRIPCIÓN DE LAS LAGUNAS: RELACIÓN ENTRE SITUACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES .....	27
9.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y EN PROFUNDIDAD DE LA TEMPERATURA Y LA SALINIDAD .....	29
	9.1 Temperatura del agua en las principales lagunas, FRA, BPI, M03, L01, L04 y G02.....	29
	9.2 Distribución de la salinidad: evolución temporal y estratificación de la columna de agua .....	31
10.	EL NIVEL FREÁTICO EN LAS LAGUNAS FRA Y BPI.....	38
11.	APENDICE (archivos Excel) .....	39
12.	BIBLIOGRAFIA.....	40

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Mapa de situación 2014 – 2018: lagunas, marismas y puntos de muestreo .....	9
Figura 2. Izquierda, sonda CTD de presión y temperatura Sea&SunTechnology GmbH. Derecha, sonda CT2X Level /Conductivity, de Aquistar. ....	10
Figura 3. Imagen general de la Pletera después del temporal de 20 de diciembre de 2016. Al fondo se observa la desembocadura del río Ter. ....	11
Figura 4. Evolución del nivel medio del mar en l’Estartit. 1990 - 2017.....	12
Figura 5. Cotas de agua distribuidas en número de días según cinco cotas determinadas (-8, 22, 32,92 y 102), desde el año 2000 al 2015, en la laguna de Fra Ramon. ....	13
Figura 6. Datos meteorológicos mensuales 2014 - 2018 en l’Estartit. *En verde suma de precipitación enero- junio 2018. *En rojo datos correspondientes a la media de los primeros seis meses de 2018.....	15
Figura 7. Datos de precipitación mensual y anual de l’Estartit y Torroella de Montgrí. ....	16
Figura 8. Evolución de la Temperatura media mensual en l’Estartit.....	17
Figura 9. Evaporación media mensual en l’Estartit. ....	18
Figura 10. Velocidad media del viento en l’Estartit (estación de Roca Maura). ....	18
Figura 11. Nivel medio del mar en l’Estartit.....	19
Figura 12. Nivel medio mensual del mar en l’Estartit .....	20
Figura 13. Nivel del mar, máximos diarios en l’Estartit.....	20
Figura 14. Evolución del número de temporales mar en l’Estartit, 1996 - 2018. Vista general del oleaje en el golfo de Pals durante el temporal de levante del día 20 de diciembre de 2016 (Imagen de la cámara de TV3 en l’Estartit).....	21
Figura 15. Caracterización de las principales inundaciones en la Pletera y cotas de agua máximas en la laguna de FRA. ....	22
Figura 16. Distribución cronológica de las principales inundaciones en la Pletera, 2014 – junio 2018. ....	22
Figura 17. Distribución cronológica del nivel del mar, del nivel del agua de FRA y de las principales inundaciones en la Pletera. ....	23
Figura 18. Cotas de agua, medias mensuales en la laguna de Fra Ramon – 1999-2018.....	24
Figura 19. Cotas de agua, medias anuales en la laguna de Fra Ramon – 1999-2018.....	25
Figura 20. Cotas de agua, en la laguna de Fra Ramon, medias mensuales durante los cuatro últimos años y comparación con la media mensual de 1999 a 2017.....	25
Figura 21. Valores medios de las cotas de agua en la laguna de Fra Ramon según las estaciones del año.....	26
Figura 22. Temperatura del agua superficial en las principales lagunas.....	30
Figura 23. Ejemplo de estratificación del agua en la laguna Fra Ramon.....	31
Figura 24. Pluviometría en l’Estartit, media móvil mensual y tendencia durante los últimos 50 años. ....	32
Figura 25. Evolución de la temperatura en la laguna de Fra Ramon 2014 - 2018.....	33
Figura 26. Evolución de la salinidad en la laguna de Fra Ramon 2014 – 2018.....	34
Figura 27. Evolución en superficie de la salinidad del agua en las principales lagunas. Abajo detalle a mayor escala. ....	35
Figura 28. Evolución de la temperatura en profundidad máxima en las lagunas de FRA y BPI.....	36
Figura 29. Evolución de la temperatura, en superficie y en profundidad, en la laguna de FRA.....	36
Figura 30. Evolución de la salinidad, en superficie y en profundidad, en la laguna de FRA.....	37
Figura 31. Evolución de la temperatura en superficie y en profundidad, en la laguna de BPI.....	37
Figura 32. Evolución de la salinidad, en superficie y en profundidad, en la laguna de BPI.....	37
Figura 33. Laguna BPI en pleno verano de 2016 y nivel de agua muy bajo, con visibles pequeñas entradas de nivel freático des de los bordes hacia la laguna.....	38
Figura 34. Laguna FRA en pleno agosto de 2016 con nivel de agua muy bajo, con visibles pequeñas entradas de nivel freático des de los bordes hacia la laguna.....	38

## 0. RESUMEN

En este informe se presentan los datos de niveles de agua y de salinidades, des de 2014 a junio de 2018, con el objetivo primordial de la aportación de datos y la descripción del comportamiento hidrológico de esta marisma y de sus lagunas permanentes.

En esta zona norte de Cataluña, de clima mediterráneo litoral, las inundaciones se suceden con cierta irregularidad a lo largo del año. Son más destacadas durante las estaciones de otoño, invierno y primavera. El conjunto de ellas, su cuantía y su distribución a lo largo de los días determinará las características de cada ciclo anual.

Los efectos del cambio climático también producen cambios en la hidrología de la zona, destaca la elevación del nivel del mar, una mayor irregularidad en las precipitaciones y el aumento de las temperaturas medias, una de cuyas consecuencias es el incremento de la evaporación en los humedales.

Los trabajos con mayor volumen de desurbanización y los de creación de nuevas lagunas, empezaron en 2015 y coincidieron entre 2015 y verano de 2016 con un período muy seco que fue favorable para las obras. Desde otoño de 2016 a junio de 2018, sucesivas lluvias más o menos abundantes y algunos temporales de mar, mejoraron notablemente la situación hidrológica y ambiental.

En los períodos lluviosos el nivel del agua conecta todo el conjunto de la marisma y cuando disminuye el nivel se individualizan las distintas lagunas. Posteriormente. Durante el proyecto las inundaciones fueron muy variables, precipitaciones abundantes puntuales, precipitaciones con fuertes temporales de mar, temporales de mar con escasa precipitación, períodos largos de sequía, etc. Junto a las etapas de sequia se detectaron niveles de agua muy bajos y una mayor salinización de las lagunas. La salinidad varía en general a merced de la frecuencia de lluvias y/o temporales de mar. Las dos lagunas de mayor profundidad (FRA y BPI) son las únicas que presentan una apreciable diferencia de salinidad entre la superficie y los niveles más bajos.

En el caso de Fra Ramon observamos como una pluviometría cada vez más escasa desde 2014, hizo aumentar la salinidad, en verano de 2016 alcanzó los valores máximos incluso en superficie a causa de la elevada evaporación de estos meses. Las lluvias de otoño-invierno de 2016-2017 hicieron bajar la salinidad, para volver a subir (no tanto como en 2016) tras tres meses de escasa lluvia. La capa superior de agua de esta laguna (de aproximadamente un metro de grosor) se comportó diferente de las aguas más profundas, no sólo referente a la salinidad, sino también, a la temperatura.

A partir de las observaciones y en trabajos recientes, se puso de relieve la presencia activa del acuífero más superficial que principalmente aflora en las lagunas antiguas.

Los resultados han permitido entender la marisma y diseñar las nuevas lagunas, en concreto establecer los criterios para determinar las cotas más apropiadas para la recuperación de las marismas y creación de las nuevas lagunas, en lo que se refiere a su profundidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se recoge en este informe el resultado final del seguimiento de cotas de agua, temperatura y salinidad des de 2014 a junio de 2018, según el seguimiento previsto en la **acción D.3** del proyecto **Life Pletera** (ref. LIFE 13 NAT/ES/001001).

Este seguimiento se empezó durante el año 2104 en un período anual anterior a la creación de las nuevas lagunas con diversos objetivos aunados:

- 1) Aportar datos y establecer los criterios para determinar las cotas más apropiadas para la recuperación de las marismas y creación de las nuevas lagunas. Y apoyar al proceso de restauración.
- 2) Conocer la dinámica y los ciclos anuales de las cotas de agua y de evolución de las salinidades.
- 3) Determinar los patrones de inundación y salinidad y sus variaciones en el actual contexto de cambio climático.
- 4) Acumular información detallada para mostrar una idea previa o un patrón de monitorización para estas marismas.
- 5) Establecer unas bases para un futuro plan de gestión

Se estableció un seguimiento quincenal de niveles y salinidades de acuerdo con lo que se establece en el *grant agreement* del proyecto LIFE, y se tomaron datos puntuales de distribución complementaria. Para el seguimiento general de niveles de agua se fijaron inicialmente 34 puntos, de los cuales 26 fueron los definitivos (figura 1), distribuidos en toda la zona. Para la toma de datos de salinidad se escogieron 6 puntos en las seis principales lagunas, antiguas y nuevas, las mismas lagunas en las que realizaba el seguimiento del estado ecológico (ver informe Acción D1).

Para la observación de niveles altos durante las grandes inundaciones se fijaron cinco estacas elevadas y acotadas que se distribuyeron en las diferentes áreas a fin de representar la totalidad de la zona. Se ubicaron en puntos de fácil acceso.

Durante el año 2105 la zona aún se encontraba en su estado previo a las obras de recuperación. Así, en el primer y segundo año, se empezó la toma de datos en la marisma y en las tres lagunas permanentes existentes: de Fra Ramon (en adelante FRA), Bassa del Pi (en adelante BPI) y G02 (creada en 2002, en el marco del primer proyecto Life (LIFE99NAT/E/006386) desarrollado en la zona (Badosa et al. 2006; Badosa et al. 2007).

Estos primeros datos, junto a otros que disponían los autores, especialmente de la laguna de FRA (Badosa et al. 2006; Badosa et al. 2007), se utilizaron para orientar las obras de restauración y decidir las cotas de rebaje de las nuevas lagunas en función de la duración de la inundación que se deseaba en cada zona y en cada laguna. En 2016 se amplió el seguimiento a las principales nuevas lagunas, L01, L04 y M03 de forma ordinaria, y a las restantes pequeñas lagunas o zonas de marismas cuando se consideró de interés.

Este período de cuatro años y medio de seguimiento ha coincidido con un primer ciclo meteorológico con tendencia a la sequía y al predominio de presiones atmosféricas altas debido al paso de menos borrascas y al desarrollo de pocos temporales de mar (Pascual et al. 2017). También ha coincidido con

un récord de temperaturas altas y un récord de evaporación en 2015. Y con una clara tendencia a la baja de los niveles de marea.

Los datos de temperaturas y sobre todo de salinidades reflejan esta situación de menor incidencia de lluvias especialmente en 2015 y 2016, con un aumento notable de la salinidad en las lagunas, salinidad que no descendió fácilmente a pesar de algunos posteriores episodios intermitentes de precipitación (figura 35).

Un segundo ciclo o cambio de tendencia llegó en otoño de 2017 (Pascual et al. 2018). Durante el aproximadamente último año y medio de proyecto se recuperaron bastante las precipitaciones y los temporales de mar; y las temperaturas se normalizaron algo. En verano de 2017 se registraron niveles de agua elevados para un estiaje a causa de distintas precipitaciones poco habituales por la época. El nivel del mar, en marzo de 2018, subió de forma también poco habitual en primavera. En general los niveles de agua en la marisma aumentaron notablemente. Hay que destacar la movilidad anual del conjunto de variables meteorológicas y como consecuencia el cambiante comportamiento general del agua de las lagunas (Pascual et al. 2018).

Cabe mencionar que todas las variaciones y acontecimientos meteorológicos quedan enmarcados en el ámbito del cambio climático, aumento global de las temperaturas medias, de la elevación del nivel del mar, etc.

## **2. HIDROLOGIA GENERAL DEL SISTEMA DE LA PLETERA**

Los humedales de la Pletera se han inundando únicamente de forma natural. Antiguamente hasta los años 60 eran fundamentales las riadas del río Ter, desde la construcción de embalses de aguas arriba de este río y de las motas de contención que evitan el desborde del río en su tramo final, desapareció este tipo de inundaciones. Actualmente sólo se inundan a través de las precipitaciones y los temporales de mar además de la influencia de las mareas y del acuífero (Quintana and Marí 2004; Menció et al. 2017). A partir de este proyecto se ha determinado también la influencia en las inundaciones y en las lagunas de la capa freática del acuífero superficial.

Conocemos a través de mapas y fotografías del siglo pasado que esta zona de marismas ocupaba bastante más territorio y existían más lagunas saladas someras (Gesti 2003).

Las precipitaciones son una de las causas de inundación y consiguen niveles altos de agua cuando se aproximan a los 100 mm. Al ser una zona de cotas bajas limítrofe con el mar, la marisma fácilmente acumula el agua de lluvia de las zonas colindantes más altas. En la actualidad el camino central que recorre de norte a sur la zona, separa en gran parte la distribución de las aguas más dulces o salobres, que quedan al oeste, de las aguas más salobres o saladas de la zona este (Quintana and Marí 2004; Quintana et al. 2018).

La otra causa principal de inundación son los temporales de mar. De forma directa, el mar sólo penetra en esta área protegida por dunas altas, cuando las olas de los temporales rebasan los tres metros de altura aproximadamente, según nuestras observaciones visuales a lo largo de los años (Pascual et al.

2012). Esta situación la proporcionan los temporales de levante (dirección ENE - E) y en menos ocasiones los temporales de “xaloc” o siroco (dirección ESE). Los vientos favorables a las olas, misma dirección, aumentan la capacidad de inundación del mar. La zona este de la Pletera es la que queda habitualmente afectada por los temporales de mar, a veces sólo en una primera banda. A lo largo de los años hemos observado intrusiones considerables que penetran más allá de la finca e inundan los campos colindantes, por ejemplo durante el temporal de 26 de diciembre de 2008 (Pascual et al. 2009).

Los niveles del mar ayudan a mantener inundaciones, a aumentarlas, e incluso generarlas cuando son altos. Los niveles altos pueden darse puntualmente o en días consecutivos, en ocasiones durante más de un mes. Puede ser causa única de inundación al observarse sin lluvias ni temporales marítimos. Los niveles más altos se registran en invierno y de media son más altos en otoño (Pascual et al. 2012). También la elevación del nivel del mar ayuda a la penetración de las olas durante los fuertes temporales de mar. Observamos un nivel de mar muy alto de 70 cm durante el temporal de noviembre de 2014.

La elevación lenta pero continuada del nivel del mar se nota en los niveles bajos de verano. A través de los datos de nivel de agua de la laguna de Fra Ramon desde 1999, podemos observar que durante el estiaje el nivel mínimo de las lagunas, aunque con irregularidad, ha ido subiendo unos centímetros (Fig.4).

Cuando se aúnan precipitaciones y temporales de mar es cuando se pueden alcanzar las mayores inundaciones en extensión y en altura de cota. Suelen darse con bajas presiones y por tanto con altos niveles mareales. En estos casos, de máxima inundación esta se convierte en generalizada y afecta a toda la zona de “aiguamolls”, tanto los del Alt Empordà como los del Baix Ter.

También a partir de las observaciones y en trabajos recientes, se puso de relieve la presencia activa del acuífero más superficial que aflora en las lagunas antiguas. Incluso en algunas inundaciones se apreció visualmente un incremento del nivel de agua sin causa aparente directa, que se atribuyó a un aumento del nivel del acuífero superficial y relacionado con el mar. En numerosas ocasiones hemos observado la presencia de esta agua subterránea en pozos o puntos bajos de la zona litoral, más alta en otoño e invierno y más baja en primavera y verano.

Debemos mencionar el fenómeno de la evaporación potencial que debido al aumento de las temperaturas medias, es una causa que en verano se suma a la bajada de niveles, a la menor disponibilidad de agua y la salinización de esta; durante el estiaje o en otros momentos (Pascual et al. 2017). En el año 2016, muy seco y cálido, la evaporación fue extraordinaria. (Fig.9)

#### DENOMINACIÓN DE LAS LAGUNAS Y LAS ZONAS DE MARISMA

En el proceso de restauración (acción C2: Creación del sistema lagunar, del proyecto Life Pletera) desarrollado entre los meses de octubre 2015 y mayo 2016, se crearon diferentes lagunas nuevas. Para la denominación de las distintas lagunas se siguió la zonación por bandas descrita en el proyecto.

De mar a interior (figura 1):

- 1) Banda de duna litoral, sin lagunas.
- 2) Banda de gradiente, donde se sitúan las tres lagunas construidas en 2002 en el marco del primer proyecto Life en la zona (LIFE99/NAT/E/006386), de norte a sur: G01, G02, y G03.
- 3) Banda de lagunas, resultado de la desurbanización y restauración del antiguo paseo marítimo, que se sustituyó desde principios de 2016 por las nuevas lagunas, de norte a sur: L01, L02, L03 y L04.
- 4) Banda de marisma, situada en el interior de la zona con diversas lagunas también creadas al principio y al final de 2016: M01, M02, M03, M04, M05, M06, M07, M08 y M09. Se han identificado también diferentes zonas dentro de la marisma, de mayor cota que las lagunas y, por lo tanto, de menor duración de la inundación: M11, M12, M13, M14, M15, M16, M17, M18 y M19.
- 5) A esta distribución en bandas se suman las dos lagunas naturales, que mantienen su nombre original: Fra Ramon (FRA) y Bassa del Pi (BPI)
- 6) También en 2016 se generaron tres nuevas pequeñas lagunas alrededor de BPI, son S01, S02 y S03.
- 7) Las zonas de marisma del sector sur de la finca, entre Fra Ramon y la desembocadura del río Ter, se han denominado como S11, S12 y S13. Estas no forman parte del sistema de bandas descrito; la S se refiere a que están situadas en el sector sur, donde la estructuración en bandas está algo desdibujada por acumulaciones naturales de arena.
- 8) Mencionamos además, unas zonas de cultivos colindantes pero externas al área del proyecto, la zona agrícola C11 y su acequia C12. Y la zona agrícola M17. Actualmente son campos, algunos años medio abandonados, por una salinidad creciente relacionada con la sequia y con el avance del nivel del mar. Y que están recuperando en parte la vegetación de marisma. Son zonas proclives a inundarse sobre todo por efecto de las lluvias ya que difícilmente el mar tiene fuerza para avanzar hasta aquí.



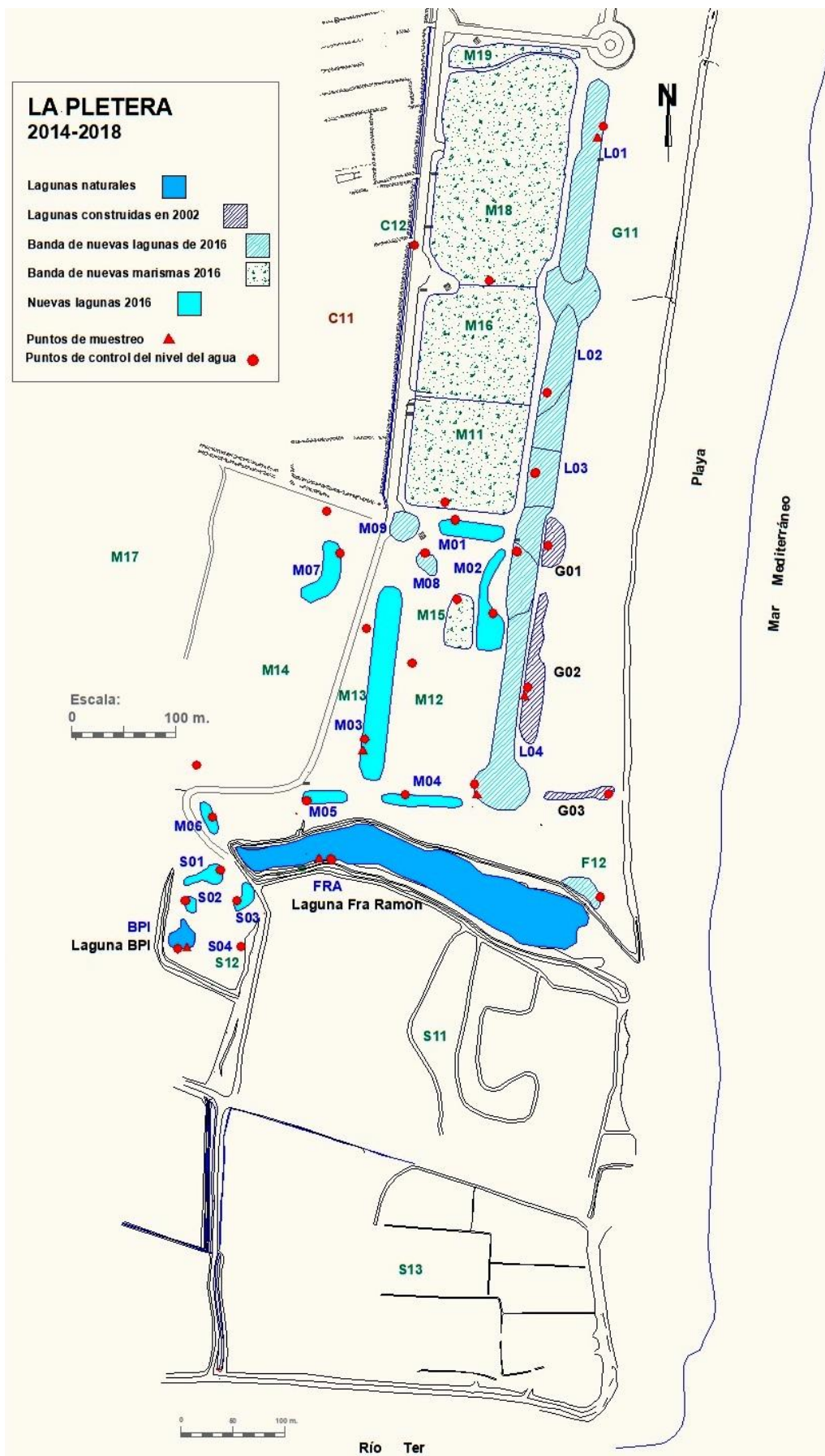


Figura 1. Mapa de situación 2014 – 2018: lagunas, marismas y puntos de muestreo

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la observación de las cotas de agua se clavaron estacas en los puntos deseados, 37 puntos que en la práctica se convirtieron en 26 con datos cuantitativos y los demás fueron cualitativos. Se les determinó una cota en metros sobre el nivel medio del mar, del periodo 1990-1995 de l'Estartit. Este trabajo topográfico se detalla en el apartado de Topografía. Las observaciones de cota de agua se realizaron quincenalmente. La ubicación de los puntos de muestreo se recoge en la figura 1.

Para el apoyo a los datos manuales se instaló, en la laguna FRA, en agosto de 2015, una sonda permanente de nivel de agua y temperatura. Medidor de modelo Cera-Diver de Schlumberger WaterServices.

Estos autores disponían de datos de nivel de agua, más o menos semanales, de la laguna de FRA desde verano de 1990 (datos no publicados).

Para los muestreos de salinidad se utilizó una sonda CTD de Sea&SunTechnology GmbH (figura 2). Recoge datos de: temperatura, conductividad (permite calcular salinidad), turbidez del agua y presión; este último dato permite saber a qué profundidad se encuentra en cada momento respecto de la columna de agua; recoge 10 registros por segundo. Se sumerge el aparato de forma que tome datos en toda la columna de agua.

Se muestreó siempre en el mismo punto situado en la zona de mayor profundidad de cada laguna. Para salinidades superiores a 90 mS/cm se dispone de una sonda CT2X Level/Conductivity 0-300 mS/cm, conocida por Aqua4Plus Lite, de Aquistar, USA / Wan Walt. Y que funciona con el mismo sistema de detección de presión para distintas profundidades.



**Figura 2.** Izquierda, sonda CTD de presión y temperatura Sea&SunTechnology GmbH. Derecha, sonda CT2X Level /Conductivity, de Aquistar.

Para el seguimiento de los datos meteorológicos se utilizaron los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas, que son las de l'Estartit y las de Torroella de Montgrí, gestionadas por los autores de este informe.

En l'Estartit existen completas observaciones meteorológicas. Surgen de dos estaciones cuyo observador es J. Pascual. Una pertenece a AEMET (cota 2 m) (Aemet, 2018) y la otra se encuentra en la montaña de Roca Maura, sobre el pueblo de l'Estartit (cota 220 m) (Pascual, et al. 2018) También se pueden consultar datos diarios de l'Estartit en ([www.meteo.cat/observacions/xom,2018](http://www.meteo.cat/observacions/xom,2018) y en [www.meteolestartit.cat](http://www.meteolestartit.cat)). En Torroella de Montgrí existen otras dos estaciones. Una automática de la Generalitat de Catalunya (XEMA) ([www.meteo.cat/observacions/xema,2018](http://www.meteo.cat/observacions/xema,2018)), (cota 4 m), situada en zona agrícola y a 2,5 km de la zona húmeda de la Pletera en dirección sur. La otra está ubicada en el núcleo urbano de Torroella de Montgrí, de AEMET (cota 25 m), situada a 6 km del mar y cuya observadora es M. Martinoy (Aemet, 2017). También se pueden consultar datos diarios de Torroella de Montgrí en ([www.meteo.cat/observacions/xom,2018](http://www.meteo.cat/observacions/xom,2018) y en [www.meteolestartit.cat](http://www.meteolestartit.cat)). Los datos marítimos como nivel del mar, el oleaje, los datos de los temporales de mar, etc., pertenecen a las observaciones de J. Pascual (Pascual,R.2017; Pascual,J.2108).



**Figura 3. Imagen general de la Pletera después del temporal de 20 de diciembre de 2016. Al fondo se observa la desembocadura del río Ter.**

## **4. TOPOGRAFIA**

### **4.1 Cotas de agua en la Pletera**

Durante 2014 y 2015 y posteriormente en 2016 y 2017, se instalaron distintos tipos de estacas de distintas medidas, en lagunas y marismas. Se topografiaron y se les asignó una cota en relación al punto 0 (según nivel medio del mar (cm) 1990-1995 en l'Estartit) sobre el nivel del mar del mareógrafo de l'Estartit.

Para la topografía de la Pletera se aprovecharon las mediciones de base que se habían realizado durante el primer LIFE, en el año 2000. Y se extendieron los trabajos a las nuevas zonas, bastante más amplias.

#### 4.2 Criterios a la hora de determinar el cero de la topografía:

**A** - Cuando se topografió la zona en el año 2000, el cero utilizado fue el nivel medio del mar que había determinado el mareógrafo de l'Estartit entre los años 1990 y 1995 (Pascual et al. 2012). Sin embargo, estamos observando cómo, presuntamente a causa del cambio climático, el nivel medio del mar actual ya no se ajusta al nivel medio del mar que hubo entre los años 1990 y 1995.

La figura 4 muestra la gráfica del nivel medio mensual del mar en l'Estartit, entre los años 1990 y junio de 2018, así como la línea de tendencia que ha ido formando. Como podemos observar el nivel medio del mar en la actualidad es ya unos 10 cm más alto que a comienzos de los años 90 del siglo pasado.

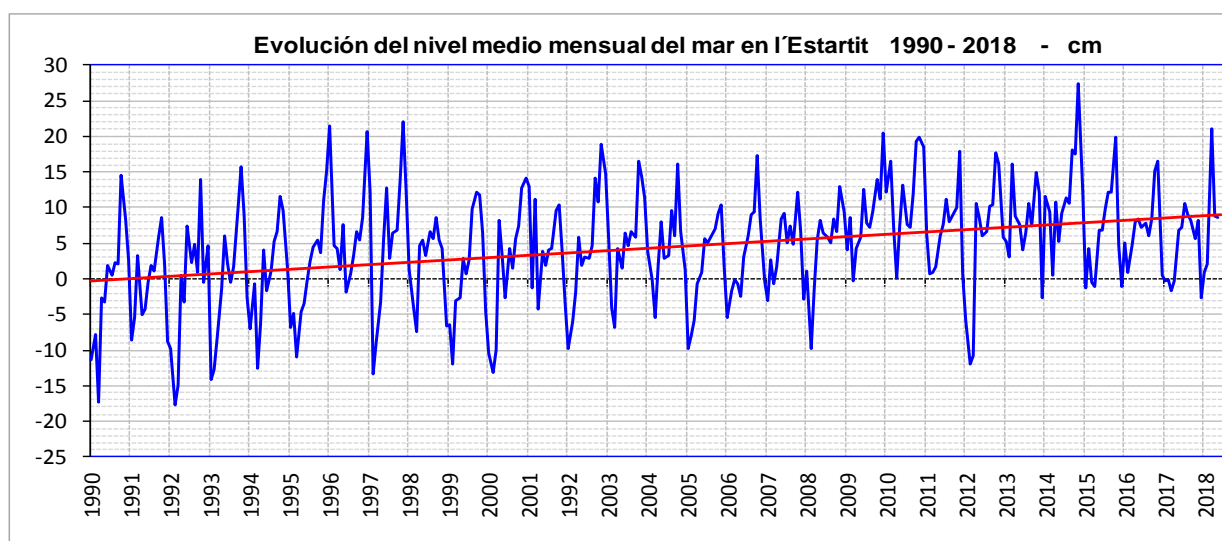


Figura 4. Evolución del nivel medio del mar en l'Estartit. 1990 - 2017

**B** - Al ampliar la topografía de la zona para realizar las obras en el marco del presente proyecto se utilizaron referencias del Instituto Cartográfico de Cataluña por parte de la empresa constructora; para estas referencias se utilizan datos de satélite, por GPS. Este sistema, matemáticamente es muy exacto, pero, al no tener en cuenta los cambios del valor de la gravedad terrestre a causa de las diferentes densidades del subsuelo y del núcleo de la Tierra, no es lo suficientemente exacto para la masas de agua, si no se hace una compensación muy precisa, para trasladar las cotas de nivel a cierta distancia. A través de los satélites se obtienen datos muy exactos para calcular puntos del esferoide terrestre -una figura teórica regular, pero sin una compensación precisa no tenemos datos precisos del "geoide" (el esferoide modificado de manera local según los cambios de la fuerza de la gravedad en las diferentes zonas).

Para aclarar un poco este tema, pondremos un ejemplo: un punto del terreno cuya cota con referencia al nivel medio del mar en l'Estartit a principios de los años 90 del siglo pasado fuera de +1,00 metros, 25 años después -ahora- con referencia al nivel medio actual del mar, su cota sería aproximadamente de +0,90 metros. Si tomáramos de referencia la topografía más reciente, determinada a través de satélites, con GPS diferencial (de alta precisión), este mismo punto tendría una cota de +0,80 o +0,82 metros respecto al nivel medio actual del mar.

En el trabajo topográfico para el seguimiento de las cotas de agua se han seguido las referencias descritas en **A**, pero durante las obras se utilizó la referencia descrita en **B**.

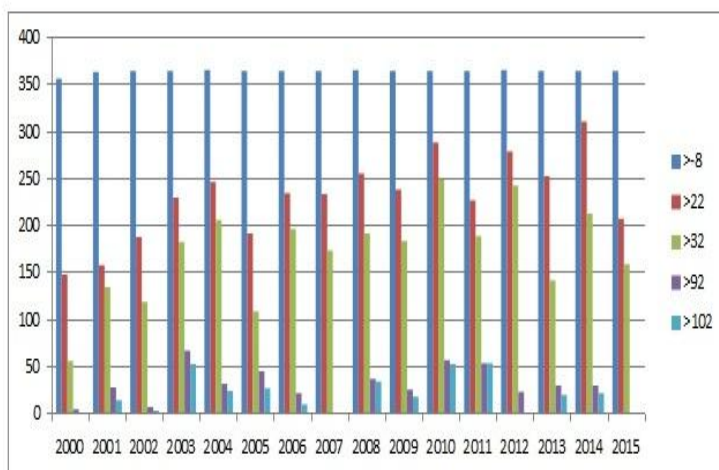
## 5. VARIACIÓN DEL NIVEL DE AGUA EN LA LAGUNA DE FRA RAMON DESDE EL AÑO 2000 A 2015 Y SU USO PARA DETERMINAR LAS COTAS DE REBAJE.

Al disponer de datos de cotas de agua de Fra Ramon desde junio de 1999, se pudieron analizar el conjunto de niveles que se habían registrado en estos últimos 15 años (figura 5). Desde la perspectiva del número de días con determinadas cotas de agua. En general también aquí se puede apreciar el aumento del nivel del mar a lo largo de los años.

### Laguna de Fra Ramon 2000-2015

Datos de niveles de agua. Nº de días con cotas de agua superiores a nivel 0, 30, 40, 100 y 110 cm según nivelación con GPS

Año	>0	>30	>40	>100	>110	según nivelación con GPS: según el nivel medio del mar de l'Estartit entre los años 1990 y 1995
2000	357	148	56	5	0	
2001	364	158	135	28	14	
2002	365	188	119	7	3	
2003	365	230	183	67	53	
2004	366	247	206	32	24	
2005	365	192	109	45	27	
2006	365	235	197	22	10	
2007	365	234	174	0	0	
2008	366	256	192	37	34	
2009	365	239	184	26	18	
2010	365	289	249	57	53	
2011	365	227	189	54	54	
2012	366	279	243	23	0	
2013	365	253	142	30	20	
2014	365	311	213	30	22	
2015	365	208	159	0	0	



Datos de niveles de agua para otras lagunas año 2015

Marisma M-12	365	331	77	0	0
Marisma M-13	365	365	365	6	0
Laguna G-2	365	248	163	1	0
Laguna del Pi	346	217	151	0	0

Figura 5. Cotas de agua distribuidas en número de días según cinco cotas determinadas (-8, 22, 32, 92 y 102), desde el año 2000 al 2015, en la laguna de Fra Ramon.

Se utilizaron estos datos como referencia para establecer las cotas a las que se debía rebajar la marisma y las lagunas durante las obras de restauración. Según nivelación con GPS (cota utilizada en la obra) y según el nivel medio del mar (cota utilizada en este estudio).

Así, si el rebaje del terreno que tiene una cota inferior a -8 cm, se consideró con inundación permanente, aunque algún año concreto pudo llegar a estar seco algún día (como en Fra Ramon los años 2000 y 2001). La cota del agua en la laguna de FRA superó los 22 cm durante dos tercios del año (promedio de 230,9 días con cota igual o superior);

Los terrenos rebajados a una cota igual o menor de estos 22 cm se consideraron de inundación semipermanente. La cota de 32 cm estuvo cerca de la cota media y se superó menos de la mitad de los días del año (promedio de 171,9 días con cota igual o superior en FRA). Se ha establecido este valor de 32 cm como la cota de separación entre las diferentes lagunas situadas en la banda L (lagunas L1, L2, L3 y L4). De esta forma estas lagunas permanecerán aisladas entre sí más de la mitad del año, cuando su cota esté por debajo de 32 cm y rebosarán y se conectarán cuando la cota supere este valor.

La cota 92 cm se superó sólo ocasionalmente (promedio de 28,9 días al año) coincidiendo con períodos de inundación, y en algunos años no se superó nunca (como fue en 2015). Se estableció este valor como la cota de separación entre la banda L de lagunas y la banda M de marisma más interior, de manera que el agua sólo rebosaría hacia la banda M cuando la cota supere este valor de 92 cm.

Debido a este sistema la cota final resultante no son números exactos.

## 6. SEGUIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LOS FENÓMENOS METEOROLÒGICOS

El comportamiento hidrológico va íntimamente relacionado con el clima y la meteorología. En esta zona norte de Cataluña con clima mediterráneo litoral, el otoño es la estación más lluviosa, seguida de la primavera y el invierno. Octubre es el mes con la media de precipitación más alta y julio la más baja. La temperatura media anual se sitúa entre los 15º y los 16 ºC, los 9 ºC en enero-febrero y los 23 ºC en julio-agosto. El viento más destacado de la zona es la tramontana, procedente de NNW con rachas superiores a 100 km/h. El viento de SE o “garbí” sopla en verano con intensidad y dirección variable. Y el viento de levante predomina durante las estaciones de primavera y otoño (Quintana and Marí 2004).

Los temporales de mar con olas superiores a 3 m son notablemente más abundantes de octubre a marzo. Y se dan con destacada irregularidad dentro de este período (Pascual et al. 2012).

Desde la visión retrospectiva de que ahora disfrutamos podemos señalar que en estos cuatro años y medio de duración del proyecto encontramos como dos períodos meteorológicamente diferenciados:

De diciembre de 2014 a octubre de 2017, hubo un ciclo meteorológico largo con tendencia a la sequía y al predominio de presiones atmosféricas altas, debido al paso de menos borrascas y al desarrollo de pocos temporales de mar. Y como consecuencia se registró una clara tendencia a la baja de los niveles de marea. Un segundo ciclo o cambio de tendencia llegó en otoño de 2017 hasta al menos finales de mayo de 2018. Durante este aproximadamente último medio año de proyecto se recuperaron bastante las precipitaciones y los temporales de mar, el nivel del mar subió durante algún mes y las temperaturas se normalizaron algo, es decir bajó la media.

Pluviometría mensual (mm) L'Estartit / Torroella M.													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total anual
2014 E	32,9	20	24,3	68	38	10,2	107,7	67,7	65,2	6,8	105,2	63,7	609,7
2014 T	29,9	23,3	24,7	71,1	45,2	24,1	137,7	79,4	119,8	7,2	97,9	64,5	724,8
2015 E	19,8	22,3	77,3	17,3	6,3	3,9	26,1	36,7	67,1	14,0	25,1	0,7	316,6
2015 T	13,4	20,9	91,8	21,0	6,6	4,8	23,1	31,1	50,0	36,2	32,5	0,5	331,9
2016 E	21,5	41,1	28,1	68,9	50,8	9,0	1,9	6,9	53,6	92,8	46,3	66,5	487,4
2016 T	22,0	42,5	18,3	67,8	64,6	10,4	2,0	9,1	94,8	135,2	47,2	53,3	567,20
2017 E	143,4	30,5	40,9	12,5	13,6	49,6	4,4	3,7	56,3	53,5	126,5	9,8	544,7
2017 T	206,4	36,5	40,8	10,8	15,0	64,8	5,6	4,0	70,6	32,6	7,6	9,0	503,7
2018 E	25,0	46,1	64,8	58,0	55,1	25,7							274,7*
2018 T	34,9	72,2	57,3	75,9	58,1	17,2							315,6*
(1967-2017) Media E	48,6	39,3	49,1	53,1	52,1	31,4	23,6	34,2	54,7	94,2	64,2	42,3	586,8
(1977-2017) Media T	62,9	42,2	49,0	56,1	60,5	35,5	29,6	32,0	58,5	98,5	66,2	50,9	615,6
Temperatura media mensual l'Estartit (°C)													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media
2014	11,0	11,4	12,3	15,7	17,3	22,3	23,4	23,1	21,8	19,9	15,4	11,0	17,1
2015	10,0	9,0	12,5	14,8	19,4	23,1	25,6	23,7	20,6	17,0	14,3	11,6	16,8
2016	11,4	11,3	12,0	14,6	16,8	21,7	25,1	24,3	22,8	17,8	13,9	11,0	16,9
2017	8,8	12,0	13,7	15,4	18,1	23,3	24,2	24,6	19,9	18,6	12,4	9,3	16,7
2018	11,0	8,2	11,8	15,4	18,1	22,3							14,5*
(1971-2017) Media	9,1	9,6	11,5	13,6	16,8	20,6	23,3	23,3	20,4	17,0	12,7	10,0	15,6
Evaporación media diaria l'Estartit (mm)													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media
2014	1,8	2,9	3,1	2,8	4,2	4,3	4,1	3,5	2,5	2,8	2,0	3,2	3,1
2015	3,0	3,5	2,9	2,8	4,2	4,2	4,4	3,1	3,8	2,6	2,6	1,0	3,2
2016	2,2	3,3	3,5	3,6	2,9	4,1	6,1	4,8	4,3	2,6	2,3	1,6	3,4
2017	3,1	2,3	2,7	4,4	2,6	3,4	3,8	3,9	3,7	2,9	3,4	2,9	3,3
2018	2,0	2,9	3,1	2,7	3,0	4,4							3*
(1976-2017) Media	2,2	2,4	2,8	3,1	3,0	3,7	4,1	3,9	3,4	2,7	2,6	2,3	3,0
Velocidad media del viento (km/h) en Roca Maura (cota 228 m) l'Estartit													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media
2014	14,3	18,9	17,8	15,0	17,4	15,5	15,3	10,3	12,2	14,2	15,4	20,1	15,5
2015	20,5	26,6	20,1	15,6	20,8	14,5	14,0	13,7	18,4	14,7	16,8	11,7	17,3
2016	14,9	19,3	20,8	20,2	16,4	13,0	17,5	14,3	11,9	5,7	12,1	10,5	14,7
2017	18,6	18,0	16,9	18,5	13,5	14,4	15,9	15,6	16,1	16,2	24,0	23,6	17,6
2018	17,9	22,9	23,1	17,6	17,4	17,2							19,3*
(1988-2017) Media	18,1	19,6	19,5	19,6	17,1	15,8	15,9	15,7	16,3	16,9	19,1	19,6	17,8
Nivel medio del mar (cm) l'Estartit													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media
2014	11,6	9,5	0,5	10,7	5,3	9,2	11,4	10,6	18,1	17,5	27,5	12,3	12,0
2015	-1,2	4,3	-0,5	-1,1	6,9	6,9	9,7	12,1	12,2	19,8	4,7	-1,2	6,1
2016	5,0	0,9	4,8	8,0	8,5	7,3	7,9	6,0	8,4	15,2	16,5	0,5	7,4
2017	-0,3	0,0	-1,6	-0,2	6,9	7,2	10,5	9,0	8,3	5,6	8,3	-2,7	4,3
2018	0,9	2,1	21,0	8,9	8,6	9,0							8,4*
(1990-2017) Media	0,1	-3,0	-2,9	1,6	4,1	4,8	5,0	6,4	8,3	12,3	11,1	4,7	4,4

Figura 6. Datos meteorológicos mensuales 2014 - 2018 en l'Estartit. \*En verde suma de precipitación enero-junio 2018. \*En rojo datos correspondientes a la media de los primeros seis meses de 2018.

## 6.1 Precipitaciones

El año más lluvioso de este período fue 2014 (Figura 7), con precipitaciones inusuales en verano y abundantes en otoño. El año 2015 fue especialmente seco en esta zona del nordeste de Catalunya. El total anual de precipitación recogida en L'Estartit y Torroella de Montgrí sobrepasó en poco los 300 mm, cuando la pluviometría media está alrededor de 588 y 646 mm por año, respectivamente. Solo el año 1973 fue aún más seco en l'Estartit con 266,7 mm.

Durante 2016 se mantuvo la fuerte sequia de 2015 hasta mediados de septiembre. 2016 fue algo más normal respecto al total de precipitaciones, se recuperaron lluvias abundantes y provechosas desde finales de verano hasta mediados de diciembre. El mayor episodio de precipitación de 2016 fue en octubre con 80,6 mm en l'Estartit y 120 mm en Torroella.

En enero de 2017 destacaron 116,4 y 179,4 mm respectivamente. Durante los siguientes meses predominó de nuevo una sequia notable. A principios de noviembre unas lluvias localizadas en el litoral marítimo, fueron muy abundantes en l'Estartit con 126,2 mm en un solo día. La Pletera quedó inundada en contraste con otras zonas naturales de su entorno (en Torroella de M. cayeron 7,6 mm).

Los cuatro primeros meses de 2018 consecutivas precipitaciones elevaron la media y mantuvieron la zona húmeda.

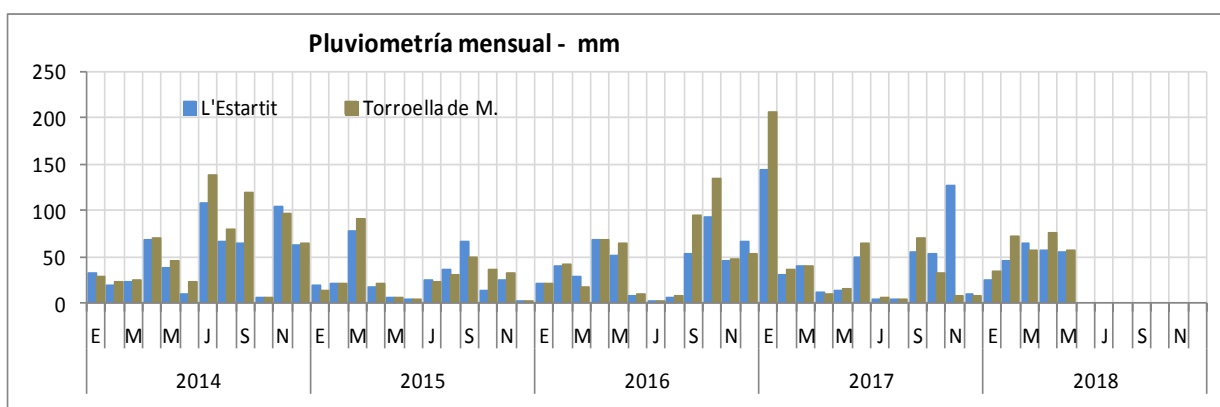
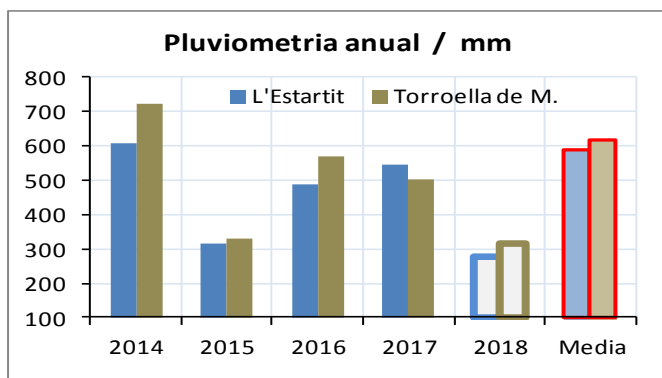


Figura 7. Datos de precipitación mensual y anual de l'Estartit y Torroella de Montgrí.



## 6.2 Temperaturas

Las temperaturas se mostraron notablemente elevadas en primavera y otoño de 2014 y en la mayor parte del año 2015. (Figura 8). Especialmente de primavera hasta medio verano y al final del otoño. Si la media climática de temperaturas es en l'Estartit de 15,6°C, en el año 2015 fue de 16,8°C. Algo menos que en 2014 que fue de 17,1°C. Así se registró como el segundo año más cálido desde 1971. Fueron muy cálidos sobretodo los meses de mayo, junio y julio y algo menos noviembre y diciembre. Mayo fue el mes con mayor diferencia respecto a la media y en julio se registró un récord de temperaturas altas el día 5, con 35,1°C en l'Estartit y 39,7°C en Torroella de Montgrí.

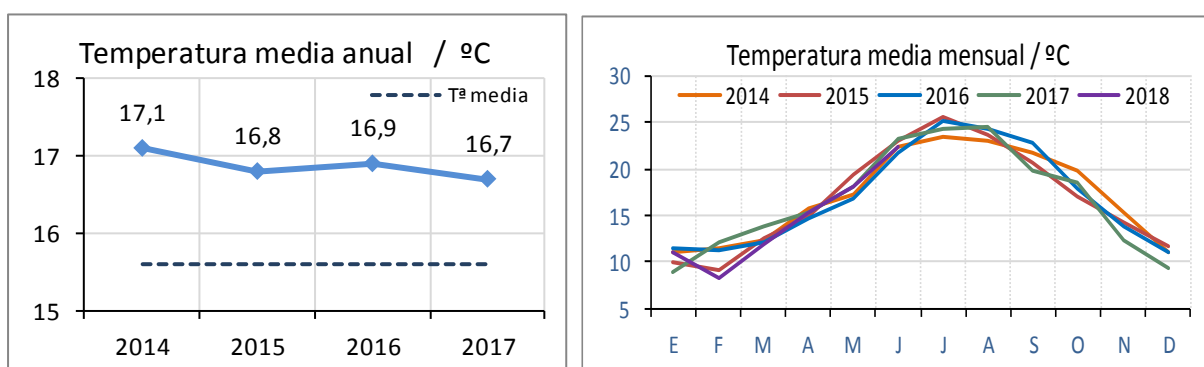


Figura 8. Evolución de la Temperatura media mensual en l'Estartit.

El año 2016 se mostró también cálido con prácticamente la misma media anual que el año anterior. Los meses que estuvieron con temperatura por encima de la media fueron la mayoría y los meses más normales fueron marzo y mayo. En 2017 fueron altas en primavera y bajas en otoño invierno. Y continuaron normales en primavera de 2018.

Los años más cálidos en esta estación meteorológica de l'Estartit durante los últimos 40 años han sido 2014 y 2016. Destaca el período de sequía y temperaturas elevadas de 2015 a 2016.

## 6.3 Evaporación

Los datos de evaporación de los últimos años (Figura 9) y especialmente de 2016, llaman la atención por su aumento y por las repercusiones en el clima que pueden tener. La evaporación depende de la temperatura del aire, de su humedad relativa y de la velocidad del viento. En el año 2016, muy seco y cálido, la evaporación fue extraordinaria y como comentaremos en el apartado de salinidades observamos que tuvo repercusión en las lagunas, especialmente en verano.

Destaca el aumento de la evaporación durante la sequía entre 2015 y 2016. La evaporación es muy importante en la hidrología de las lagunas y condiciona su salinidad, principalmente en verano. Mención

et al. (2017) han constatado que el agua que sale por evaporación puede llegar a ser el 80 % del agua que circula por las lagunas.

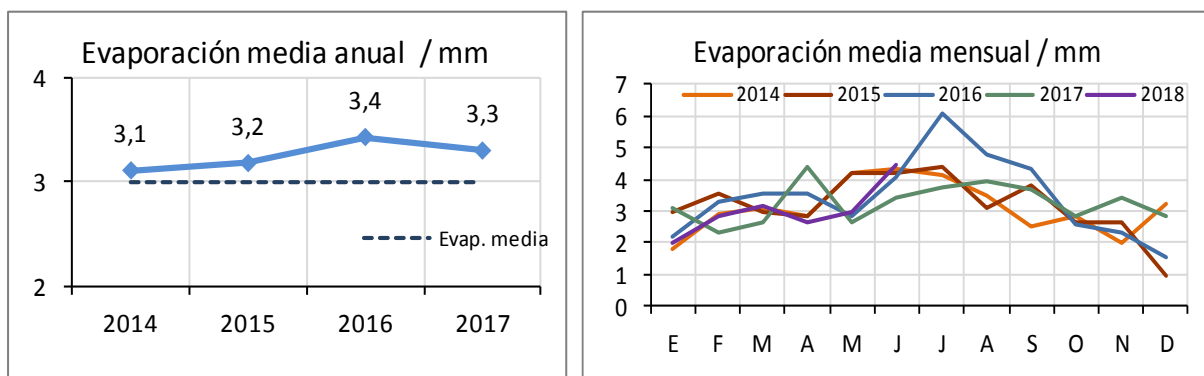


Figura 9. Evaporación media mensual en l'Estartit.

### 6.4 Viento

Los últimos años se han caracterizado por una tendencia a la baja de la velocidad del viento, especialmente en 2014 y en 2016. En 2015 estuvieron raramente calmados los meses de verano. Y en 2016, los principios de otoño, con brisas muy suaves y sobre todo con pocos y cortos episodios de vientos del norte, característicos de esta zona. Diciembre se convirtió en el mes con menos viento y con muchos días de neblinas y consecuentemente con elevada humedad (Figura 10).

En 2017 se incrementaron los días con viento de tramontana, con algunos episodios muy fuertes. Y en los primeros tres meses de 2018 predominaron los episodios moderados de tramontana.

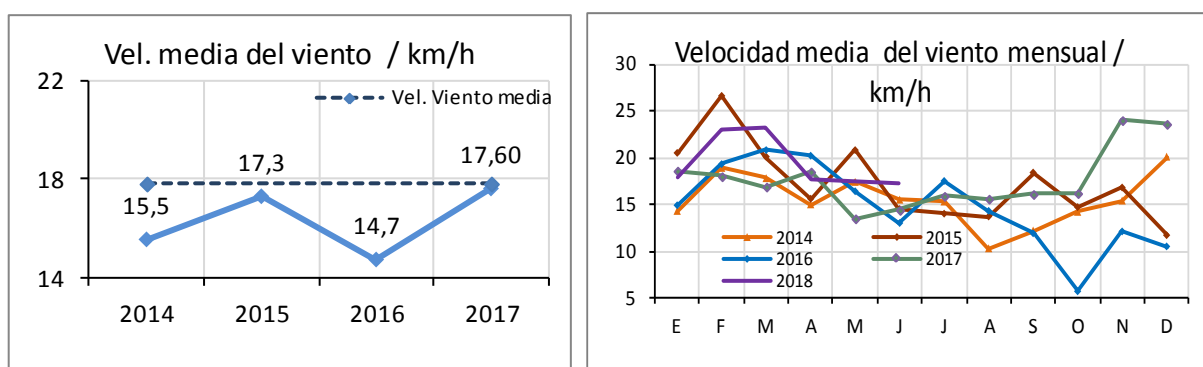


Figura 10. Velocidad media del viento en l'Estartit (estación de Roca Maura).

En 2018 el viento de tramontana aumentó durante febrero y marzo, generalmente los meses más favorables a su predominio.

## 6.5 El mar: nivel del mar

Es del conocimiento general que en el mediterráneo occidental, el nivel del mar suele estar en cotas bajas en enero y febrero. Que la cota de agua oscila poco en verano y que puede tener valores altos o muy altos en los meses de otoño. En invierno con la llegada de las temperaturas bajas el mar se enfría y disminuye de volumen, como consecuencia la cota suele estar baja a partir de enero y en primavera. Y tiende a valores medios o bajos en verano. Al final del verano el ciclo anual se renueva con los niveles más altos, hasta avanzado el otoño.

También es conocida la relación directa entre el aumento de la presión atmosférica y la bajada del nivel del mar. Existen otras causas que afectan al nivel del mar, quizás más difíciles de considerar y menores para este estudio, como las borrascas en otros puntos del mediterráneo, los vientos en el estrecho de Gibraltar, etc.

Los registros en l'Estartit durante este proyecto muestran una notable tendencia anual a la baja desde principios de 2014 hasta principios de 2018 (Figura 11), aunque siempre dentro de la tendencia general de elevación del nivel del mar debido presuntamente al cambio climático (Figura 4).

El nivel del mar fue puntualmente muy alto en noviembre de 2014, alcanzando la cota máxima de 70 cm (Figura 13 y 11), la más alta alcanzada hasta ahora, desde que se tienen datos en esta estación, desde 1990. También estuvo puntualmente alto en octubre de 2016 (54 cm), en noviembre de 2016 (45 cm) y en marzo de 2018 (55 cm). Estuvo bajo en general durante 2015 y especialmente en 2017.

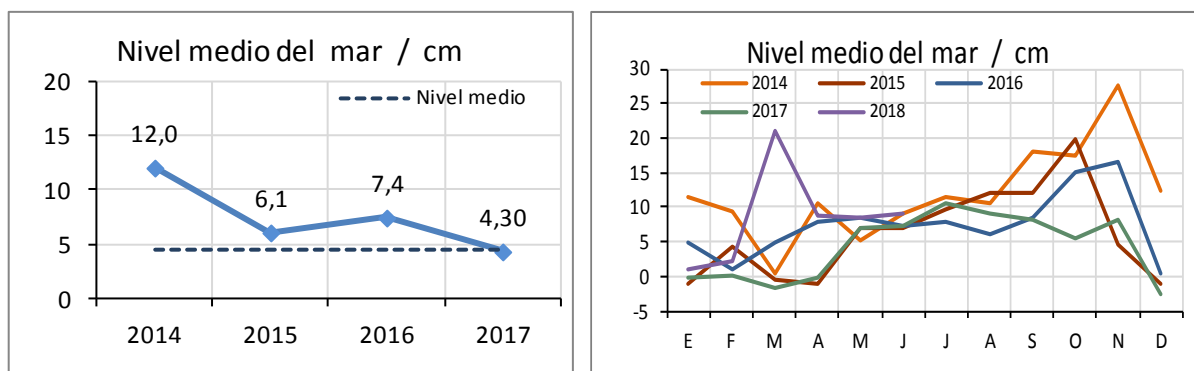


Figura 11. Nivel medio del mar en l'Estartit.

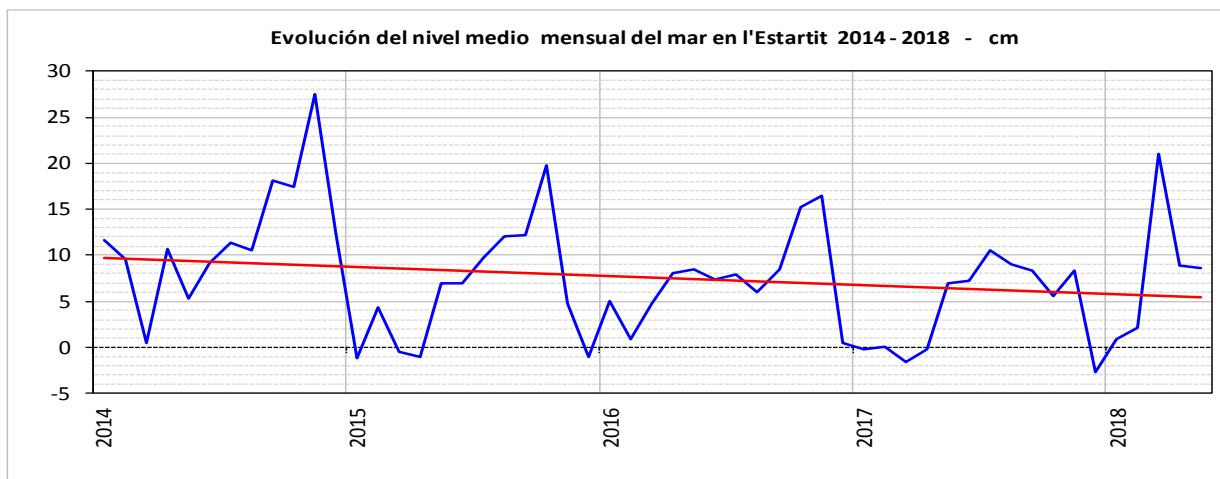


Figura 12. Nivel medio mensual del mar en l'Estartit

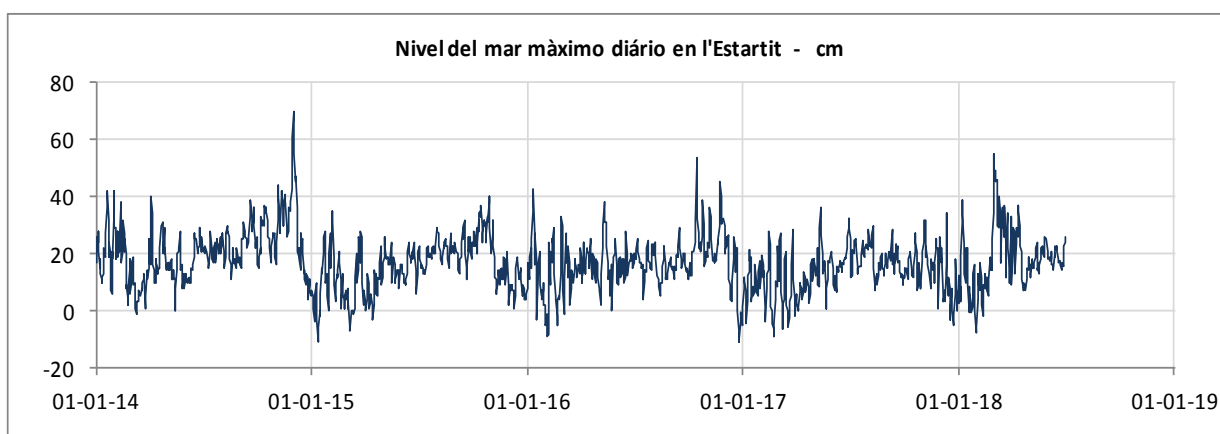


Figura 13. Nivel del mar, máximos diarios en l'Estartit

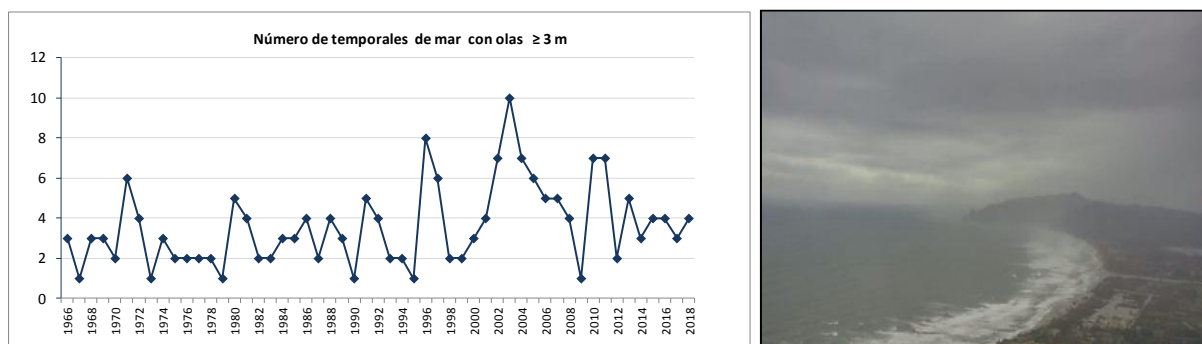
## 6.5 El mar: olas y temporales

Pueden ser frecuentes en esta zona los temporales de mar procedentes de distintas direcciones comprendidas entre el norte y el sudeste. Los más característicos provienen de nordeste y son los temporales de levante. Y de sudeste, denominados de "xaloc". Generalmente los temporales llegan a inundar la marisma cuando las olas superan los 3 m de altura. Las mayores inundaciones cuya causa es el temporal de mar se registran con temporales de bajas presiones que favorecen la subida del nivel del mar y a la vez aumenta la altura del oleaje. Generalmente tienen lugar en otoño e invierno. Si el temporal sucede en primavera el nivel del mar no suele llegar a cotas tan altas y suele tener menor incidencia.

Oleajes inferiores ocurren también en verano y pueden afectar un poco a las lagunas, al menos a las más litorales aunque de distinta manera, solo a través del subsuelo: el mar empuja hacia el interior a través del freático, de este modo se pueden observar pequeñas subidas de la cota de agua.

La presencia de viento en la misma dirección de las olas aumenta el empuje del oleaje y la penetración del mar hacia el interior.

La evolución del número de temporales en la zona de l'Estartit desde 1966 (Figura 14) indica un aumento de estos, sobre todo durante los años 2002, 2003 y 2004. Posteriormente el número volvió a retroceder. Aunque algunos autores sitúan este aumento en el marco del cambio climático quizás habrá que esperar a los años venideros para ver si el fenómeno se mantiene o si simplemente es una muestra más de la variabilidad meteorológica.



**Figura 14.** Evolución del número de temporales mar en l'Estartit, 1966 - 2018. Vista general del oleaje en el golfo de Pals durante el temporal de levante del día 20 de diciembre de 2016 (Imagen de la cámara de TV3 en l'Estartit)

Los principales temporales de mar, es decir los que penetraron fuerte y directamente en la marisma durante el proyecto, fueron cinco, todos de levante (ENE) o empezando de SSE pero terminando de levante. Y con olas de al menos 4 m de altura. Ocurrieron en las siguientes fechas:

29-12-2014, 12-10-2016, 19-12-2016 y 22-01-2017 y 1-03-2018. Sobresale el primero por las bajas presiones y la altura alcanzada del nivel del mar hasta la cota de 70 cm. En la Figura 15 se exponen sus características.

## 7. PRINCIPALES INUNDACIONES. SEGUIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES Y LAS COTAS DE AGUA

### 7.1 Principales inundaciones

Un resumen de las más destacadas inundaciones se muestra en las figuras 15 y 16. Estas fueron nueve, tres distribuidas en una primera etapa menos movida meteorológicamente hablando, desde noviembre de 2014 a setiembre de 2015 (Figura 16: 1,2 y 3). Y otra entre otoño de 2016 y mayo de 2018 (Figura 16: 4, 5, 6, 7,8, y 9)

		Episodios de lluvia destacados		Temporales de mar Olas > 3 m		Nivel del mar Nivel > 30 cm		
		Episodios de precipitación l'Estartit - mm	episodios de precipitación TM - mm	Temporales - h. Olas > a 3 m - (m)	dirección de procedencia	nivel máximo del mar - cm	FRA RAMON - cotas máximas de agua - cm	
1	2014	29-11-14	116,1	106	2,5 a 4	E-ENE	70	131
2	2015	21-03-15	74,0	88,4	2 a 3	ESE		67
3		30-09-15	59,0	52,9	2 a 4	ENE		57
4	2016	12-10-16	80,6	123	4 a 6	ENE	54	90
5		19-12-16	50,4	36	4 a 6	ENE		110
6	2017	22-01-17	116,4	179,4	3 a 5	ENE		99
7		04-11-17	126,2	7,6	0	-	32	59
8	2018	01-03-18	11,9	10,3	3 a 5	ENE	55	105
9		11-04-18	53,2	71,5	3	ESE	35	68

Figura 15. Caracterización de las principales inundaciones en la Pletera y cotas de agua máximas en la laguna de FRA.

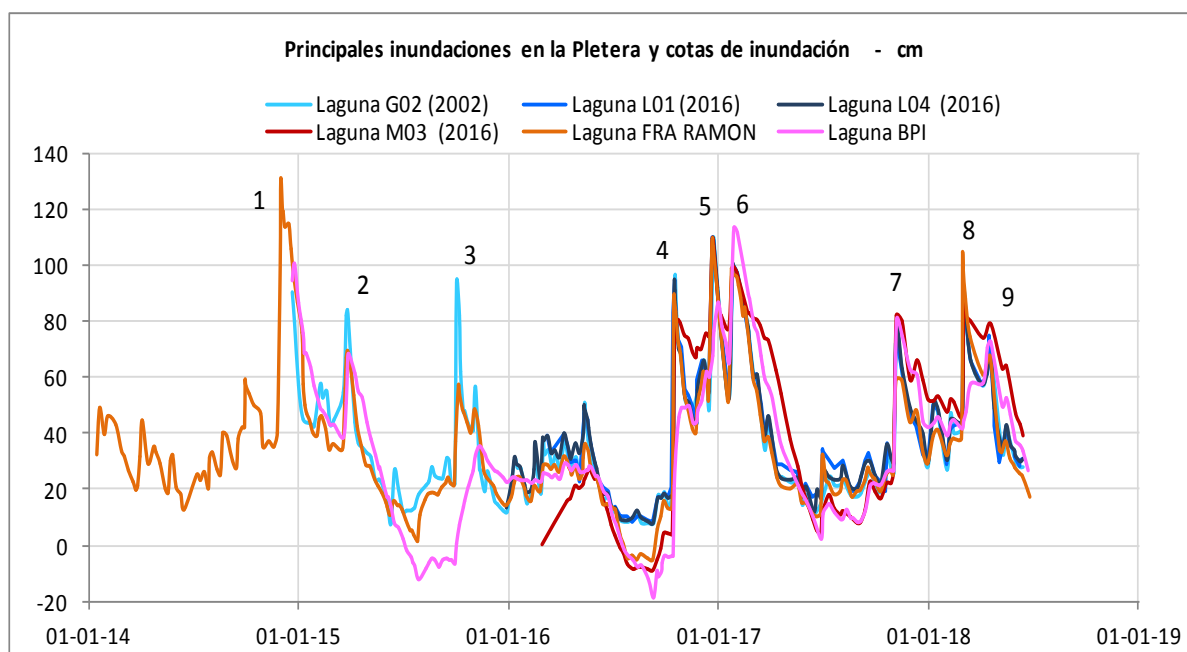
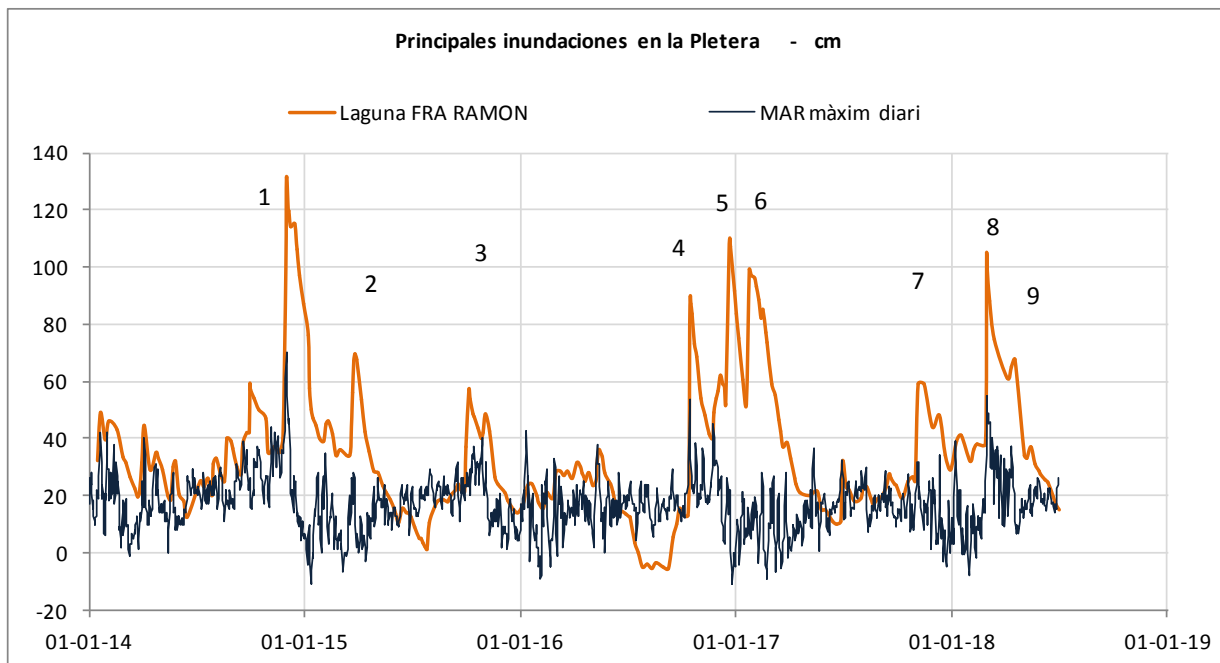


Figura 16. Distribución cronológica de las principales inundaciones en la Pletera, 2014 – junio 2018.



**Figura 17. Distribuci3 cronol3gica del nivel del mar, del nivel del agua de FRA y de las principales inundaciones en la Pletera.**

1. **29-11-14** - en esta primera inundaci3 coincidieron precipitaciones muy abundantes con olas de 4 m y marea muy alta de cota 70 cm; la m3xima altura del mar registrada en l'Estartit (Pascual et al. 2015). La laguna de Fra Ramon registr3 las cotas m3s altas. Despu3 de la desurbanizaci3 y debido al rebaje de las motas en parte de esta laguna, estos niveles de agua ya no se podr3an alcanzar, y de hecho no se han alcanzado m3s; el nivel m3ximo actual tiene su l3mite en la cota 110 cm.
2. **21-03-15** – fue una situaci3 de levante que aport3 numerosas lluvias e inundaciones importantes en Catalu3a, tambi3n en el alto Ampurd3n y en la Garrotxa. Los r3os de la zona llevaron bastante agua. El temporal de mar fue mediano de “xaloc” (Pascual et al. 2015) y termin3 algo m3s fuerte de levante, con vientos de este, pero con el nivel del mar bajo, sin llegar a la cota de 30 cm.
3. **30-09-15** – un primer temporal de oto3o lleg3 a finales de verano con precipitaci3 abundante (Pascual et al. 2016) aunque no suficiente para hacer mella en un terreno seco. El nivel del mar bajo y la poca duraci3 del temporal no permitieron a las olas penetrar directamente en la laguna de Fra Ram3n pero si en la laguna G02 (Figura 16).
4. **12-10-16** – episodio de precipitaciones y temporal de mar muy a principio de oto3o, con temperaturas altas y con olas de 4 a 6 m (Pascual et al. 2016) pero que se mantuvieron durante pocas horas, con muy abundante precipitaci3 y nivel muy alto del mar.
5. **19-12-16** – esta inundaci3 fue un temporal mar3timo muy fuerte, general en toda la costa catalana, con olas de 4 a 6 m en l'Estartit (Pascual et al. 2017), con precipitaciones no demasiado

abundantes y nivel bajo del mar (Figura 15). Sucedió a mediados de diciembre con bajas temperaturas, y dejó niveles notables de cota de agua en la marisma.

6. **22-01-17** – en esta inundación fue más importante la precipitación acumulada (> a 100 mm) (Pascual et al. 2017), a lo largo de unos 10 días que el temporal de mar. El nivel del mar era muy bajo. En la figura 16 observamos que llegaron a ser un poco más altos los niveles de la laguna BPI que los de FRA, debido a la acumulación de agua de lluvia en la zona más interior de la Pletera. En este período de otoño-invierno de 2106-2017 se fueron acumulando, respecto a la presencia de agua, los efectos de tres inundaciones consecutivas.
7. **04-11-17** – esta séptima gran inundación fue causada sólo por precipitaciones que cayeron en pocas horas en una estrecha franja de este litoral y en el mar (Figura 15). En l’Estartit se recogieron 126 mm y en Torroella de M. 7,6 mm (Pascual et al. 2018). Se observa de nuevo el nivel más bajo de FRA respecto a las demás lagunas. De nuevo las precipitaciones inundaron la zona interior que alcanzó cotas más altas. El nivel del mar estuvo anormalmente bajo durante este otoño.
8. **01-03-18** – a finales de invierno llegó un temporal de levante, con nivel del mar muy alto pero sin precipitación significativa (Pascual et al. 2018), que penetró hacia las lagunas y especialmente en FRA, fuertemente a través de la playa, removiendo mucha arena.
9. **11-04-18** – un pequeño temporal de “xaloc”, ESE, a mitad de la primavera con lluvia suficientemente abundante (Pascual et al. 2018), mantuvo la disponibilidad de agua en la zona.

## 7.2 La laguna de FRA datos de niveles de agua 1999- 2018

Se muestran en el gráfico de la figura 18 la evolución de los datos de niveles de agua de que disponían los autores desde 1999 a la actualidad. Se observa una ligera tendencia al aumento del nivel de la laguna de Fra Ramon, tendencia que atribuimos al efecto del aumento del nivel del mar general (Pascual et al. 2012). Porque la tendencia de las precipitaciones es a la baja como se muestra en la figura 24. Este aumento es más perceptible en los niveles bajos de verano y sobre todo desde 2004 hasta la actualidad.

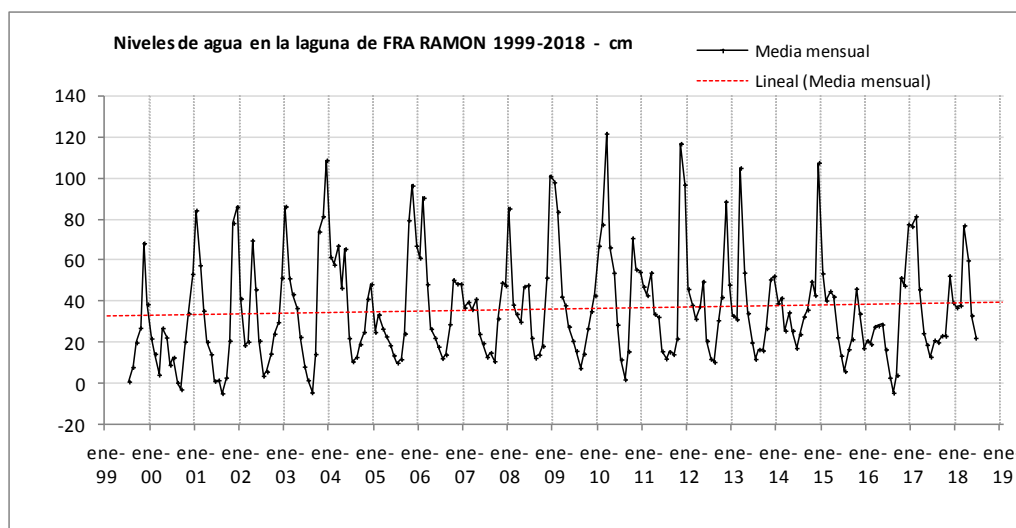


Figura 18. Cotas de agua, medias mensuales en la laguna de Fra Ramon – 1999-2018



En la figura 19 los mismos datos expresados a través de la media anual muestran la misma tendencia. Los años con medias más bajas coinciden con años secos, por ejemplo 2007, 2015 y 2016.

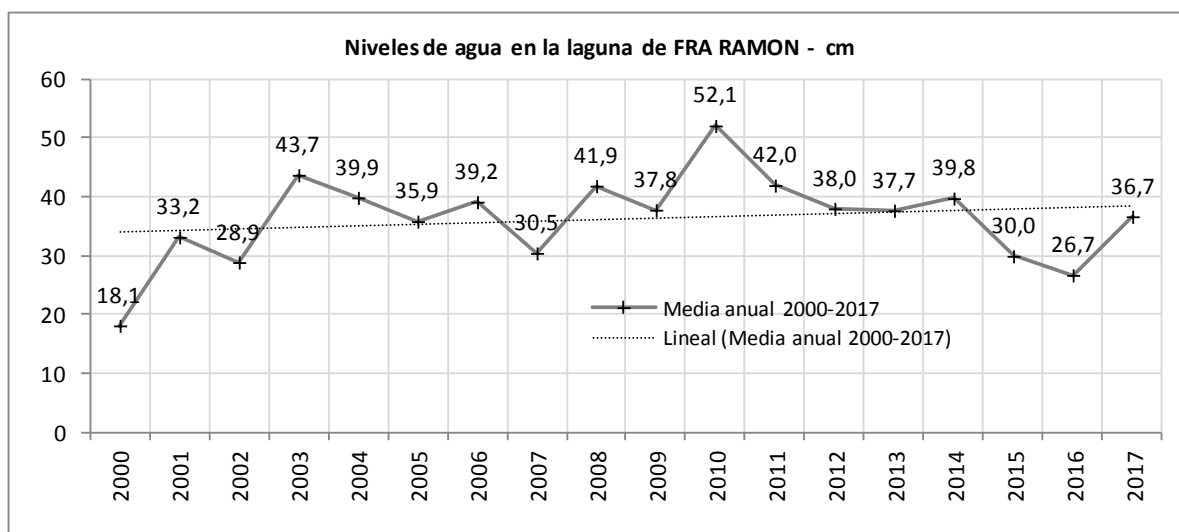


Figura 19. Cotas de agua, medias anuales en la laguna de Fra Ramon – 1999-2018

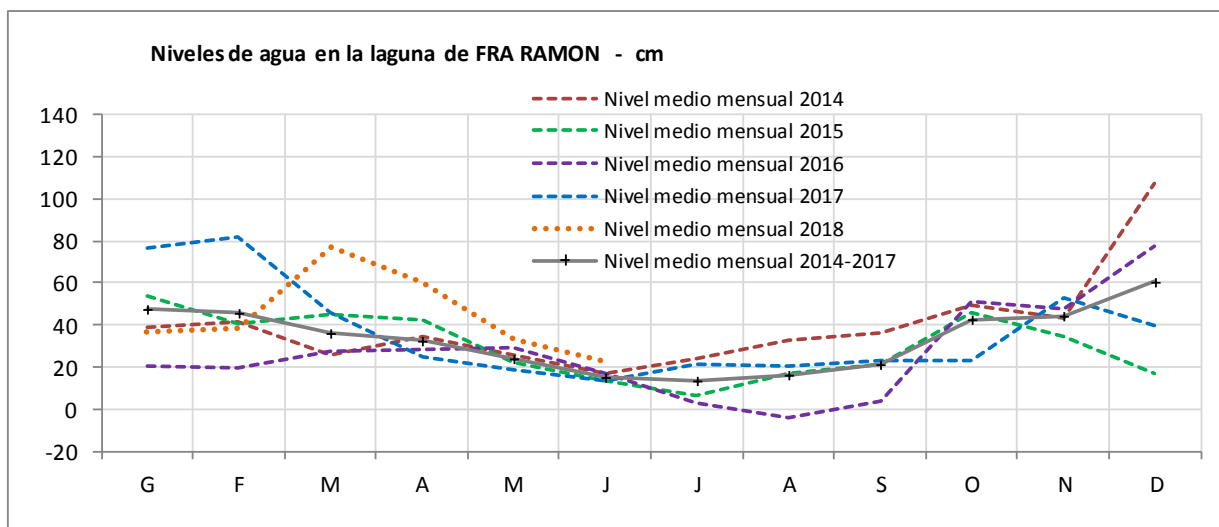


Figura 20. Cotas de agua, en la laguna de Fra Ramon, medias mensuales durante los cuatro últimos años y comparación con la media mensual de 1999 a 2017

En la figura 20 se aprecian las variaciones de las medias mensuales durante la duración del proyecto. Podemos observar que durante los meses de mayo, junio, octubre y noviembre los datos se mantuvieron en cotas muy parecidas a la medias mensuales de 1999 a 2017. En cambio las variaciones fueron más destacadas en enero, febrero, marzo, julio, agosto y especialmente para los meses de diciembre.

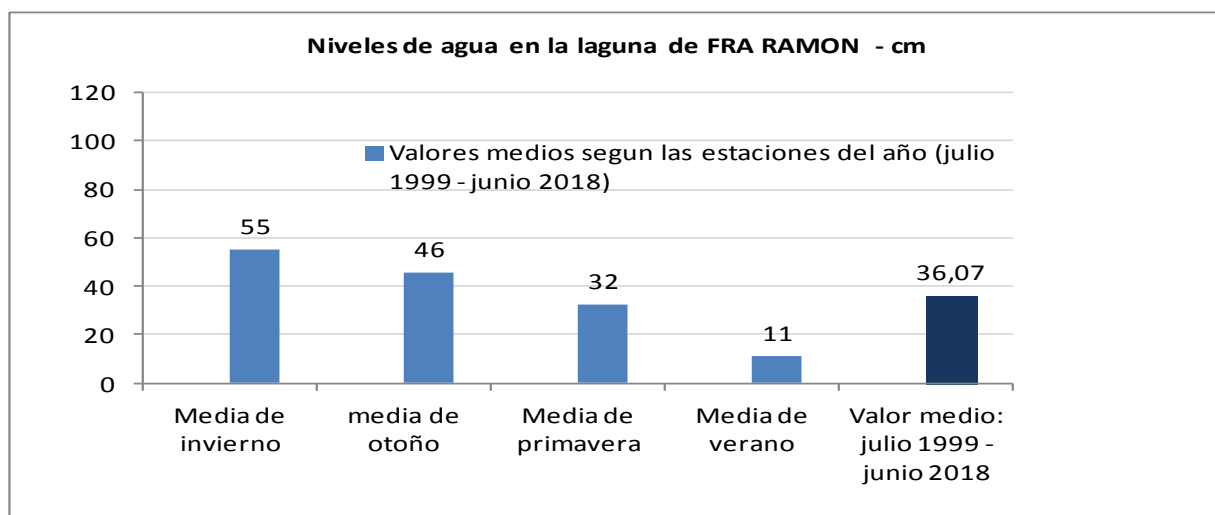


Figura 21. Valores medios de las cotas de agua en la laguna de Fra Ramon según las estaciones del año.

En la figura 21 se aprecian las variaciones de los valores medios de cotas de agua según las estaciones del año. Los valores más altos fueron los hibernales seguidos por los valores de otoño. El valor medio más bajo de verano se sitúa en la cota de 11 cm y el valor medio anual en la cota de 36 cm.

### 7.3 Aspectos a tener en cuenta en el monitoreo de los niveles de agua de la marisma

Para mantener a lo largo del tiempo las referencias topográficas usadas en este proyecto bastaría con partir de algunos puntos topográficos fijos señalados durante el proyecto.

Para los momentos excepcionales de gran inundación, las cinco estacas previstas para niveles altos indicaran fácilmente los niveles de todas las zonas (a partir del número de cota inscrito en cada una y situadas estas en lugares accesibles).

Las estacas para la toma manual y habitual de referencias de nivel de agua deben ser suficientemente robustas para que nadie ni nada las pueda mover. Deben permitir recoger tanto niveles bajos como altos y deben ser accesibles o visibles en momentos de gran inundación. En la práctica y con el paso del tiempo las estacas, las más pequeñas, pueden acabar moviéndose o desapareciendo fácilmente, habiendo que reponerlas.

Las sondas automáticas, cada vez más asequibles, avanzadas, y prácticas, facilitan mucho el estudio de niveles. Para corregir las posibles desviaciones de estas, hace falta tomar medidas manuales cada cierto tiempo (3 o 4 veces al mes por ejemplo) en un punto definido o estaca que debe estar situado relativamente próximo a la sonda.

## 8. DESCRIPCIÓN DE LAS LAGUNAS: RELACIÓN ENTRE SITUACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

### ***Banda de gradiente: Lagunas G01, G02, G03 (figura 1)***

La laguna **G01** es de nueva creación, esta pequeña superficie estaba ocupada por una de las rotondas del paseo marítimo. Esta zona recibe fácilmente entradas directas del mar y acumulaciones de arena derivadas de estos. Los trabajos de restitución y mejora de la vegetación de playa han de disminuir los efectos de los temporales de mar (Roig Monar, 2011).

La laguna **G02** fue creada en el marco del proyecto Life Ter Vell Pletera del año 2002, es una laguna de agua permanente, situada en el primer cordón de agua inmediatamente detrás de las dunas de la playa. Igual que G01, es la laguna más cercana al mar y la que primero recibe su influencia y donde se aprecian más las oscilaciones diarias. El mar también penetra a través de la capa freática, a través del empuje del oleaje o de las grandes olas de los temporales que con relativa frecuencia la inundan directamente. Cuando esto ocurre alcanzan la misma cota que la banda L de lagunas. Las bajas cotas de agua en verano la reducen, durante algunos meses, a una superficie de unos pocos centenares de metros cuadrados. Su cuenca de recepción es relativamente extensa. La laguna G02 queda inundada por pequeñas entrada de mar con más facilidad que FRA.

La pequeña y alargada laguna **G03**, perpendicular a la playa, pertenece también a las obras del Life de 2002. Se encuentra frente a un punto débil en relación a la duna de la playa, con fácil entrada del mar tal y como hemos observado durante el temporal de 20 de diciembre de 2016. Durante este episodio una pequeña parte de la laguna quedó cubierta de arena.

### ***Banda de lagunas: Lagunas L01, L02, L03 y L04 (figura1)***

Las obras de desurbanización dieron forma a una serie de lagunas alargadas unidas entre sí, aunque de distintas profundidades, de las cuales los dos extremos son lagunas permanentes, L01 y L04. Mantienen la misma cota de agua en toda su extensión. En conjunto forman una unidad, junto a L02 y L03, que se inundan a partir de una cota relativamente baja. Las áreas más elevadas solo quedan secas en pleno verano.

### ***Banda de marisma: Lagunas M01, M02, M03, M04, M05, M06, M07, M08, M09 y F12 (figura 1)***

De las nuevas lagunas del sector de marisma destaca la M03 por ser la más grande. El resto de lagunas nuevas tienen superficies más reducidas. De todas ellas son lagunas permanentes M01, M03 y M09. La laguna M03 se creó en período seco y no adquirió niveles normales hasta la primavera de 2016 a través de las precipitaciones.

M04, M05, M06, M07 y M08 son lagunas secas en verano. M07 está situada en el sector oeste (figura 1), es poco profunda, relativamente pequeña y está por el lado sur en contacto con la marisma circundante, es de las menos salinizadas. Según nuestras observaciones M03 y M06 parecen las más impermeables. Esto coincide con una capa más gruesa de sedimento impermeable bajo estas lagunas (ver informe acción A2).

### ***Marisma G11 (figura 1)***

Hemos denominado G11 a toda la extensa franja de marisma en contacto con la zona dunar, desde el área más al norte hasta la laguna de Fra Ramon. Esta marisma se inunda solo con cotas altas de agua. Y está sometida a pequeñas pérdidas de superficie a través de las entradas de arena que mueven los temporales de mar. En diciembre de 2016 las olas arrastraron arena al menos en siete puntos de esta zona.

### ***Marismas de la zona norte, M16 y M18 (figura 1)***

Coinciden con las extensiones colmatadas donde había mayor acumulación de relleno antrópico para ubicar las casas de la urbanización. A principios de 2016 se rebajaron las áreas más recubiertas de tierras y gravas que había en la Pletera y se dejaron al nivel de la marisma, representan una importante extensión de terreno que en 2016 ya se ha inundado por completo en diversas ocasiones al mismo tiempo que el resto de marismas, con lluvia y por temporal de mar.

### ***Marisma central, M12, M13 y M15 (figura 1)***

Es el espacio central de marisma existente detrás del antiguo paseo marítimo, ahora transformado en lagunas. En inundaciones menores quedaba dividida a uno y otro lado del camino central antes de eliminar el paseo. Es la zona de marisma que más aguanta la inundación, seguramente por el efecto barrera del camino y quizás también por el tipo de terreno más arcilloso. Su punto más bajo es aproximadamente la cota 35 cm en M12 y 40 cm en M13. En 2016 ya son dos zonas unidas a través de la laguna M03. Hemos observado como los temporales de mar han llegado primero a M12 luego han llenado la laguna M03 y casi al mismo tiempo la marisma M13.

La nueva zona de marisma M15, responde a una zona vaciada de escombros y está rodeada de una pequeña mota. Durante 2016 se ha llenado de agua durante los temporales de mar.

### ***Marisma M14 y laguna M07 (figura 1)***

Corresponden estas superficies a las marismas más interiores. Desde 2014 hasta finales de 2016, han quedado pocas veces inundadas por ser las más alejadas del mar y por falta de precipitaciones. La pequeña laguna M07, dentro de M14, es el resultado de un vaciado de escombros en verano de 2016. Es una laguna poco profunda que se ha llenado por completo con las lluvias de noviembre y diciembre de 2016.

### ***Marisma F12 (figura 1)***

Es una pequeña área con vegetación herbácea de marisma que se inunda fácilmente por ser una zona baja en la banda G11. En realidad formaba parte de la laguna de Fra Ramon pero en su momento, en los años 60, quedó separada de esta por la mota de Fra Ramon.

### ***Laguna de Fra Ramon (figura 1)***

Es una laguna permanente muy encajada por una mota hasta diciembre 2015. Ha sido la laguna más grande y más emblemática que se ha mantenido en la zona hasta la creación, en diciembre-enero de 2015, de las nuevas lagunas. Recibe los efectos de las oscilaciones del nivel del mar de forma parecida a la laguna G02 aunque quizás en algunos momentos de forma más débil. En episodios extremos de lluvia o temporales de mar la cota de agua puede aumentar considerablemente tal como hemos observado a lo largo de los años. Actualmente y a partir de 2016, con la mayor parte de la mota rebajada solo puede alcanzar la cota 110 cm. En verano con los niveles bajos, la mitad este de la laguna queda seca y queda

al descubierto una franja de una colonia del poliqueto *Phicopomatus aenigmaticus* alrededor de la zona de agua permanente. También hemos observado en algunos días de niveles bajos de 2016 pequeñas entradas de agua laterales al quedar la cota de agua de la laguna por debajo del nivel de marea.

**Laguna de Bassa del Pi (figura 1)** Es la laguna más interior, la más alejada del mar, unos 300 m. Y donde menos se aprecian las oscilaciones diarias de la marea. Antiguamente formaba parte de la laguna de Fra Ramon, y aproximadamente en los años 60 del siglo pasado, quedó separada de esta por un camino elevado. Contiene la más elevada salinidad, es de agua permanente y bastante pequeña, aunque su cuenca de recepción es grande. En momentos de inundación puede alcanzar cotas de agua importantes, incluso alcanzar el mismo nivel que el resto de la marisma o más. En 2016 hemos podido observar y documentar en distintos momentos de verano y del otoño, el reequilibrio de niveles de agua con la laguna de Fra Ramon, a través de la capa de agua subterránea. Es la laguna de niveles más bajos en verano y niveles más altos con elevadas precipitaciones.

#### **Campos M17 y C11 y acequia C12 (figura 1)**

Existe también una zona de campos de propiedad particular prácticamente abandonados al menos durante los últimos tres años, susceptibles de inundarse. En su zona este existe una acequia con vegetación de marisma, la C12. Esta zona queda fuera del área del proyecto.

El área denominada M17 queda también fuera del área del proyecto y es también una zona de propiedad particular que hemos figurado en el mapa porque en caso de grandes inundaciones puede quedar recubierta de agua, alcanzando cotas de agua similares al resto de la marisma M14. Esta zona ha estado yerma con vegetación de marisma incipiente durante 2015 y se ha labrado para el cultivo en 2016 y 2017 pero no en 2018.

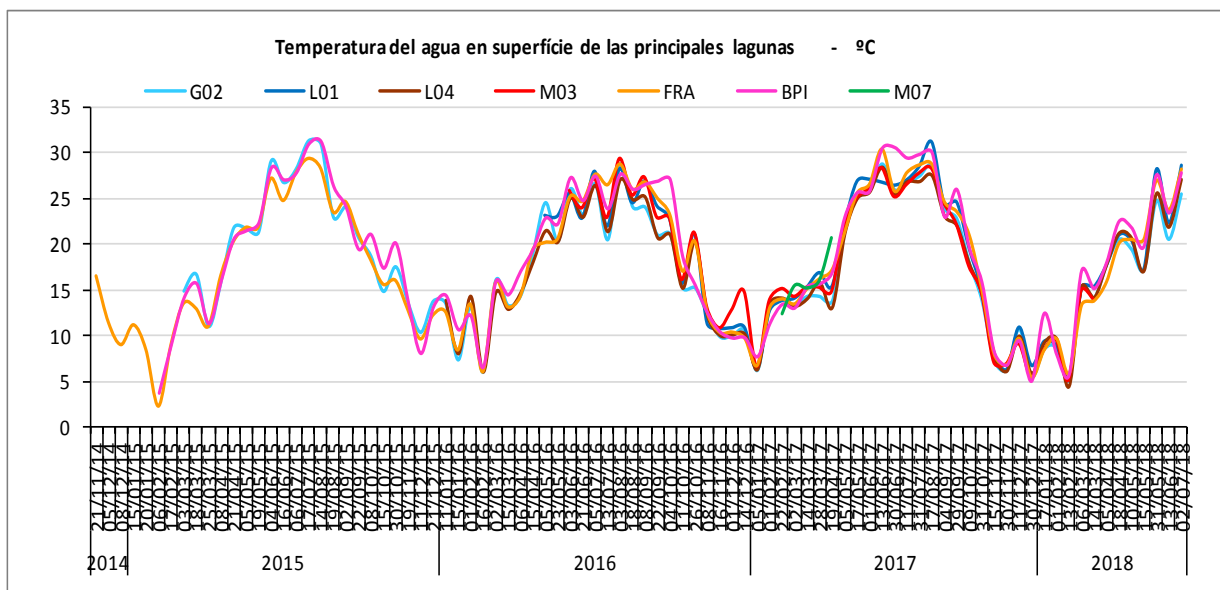
#### **Lagunas S01, S02, S03 Y S04 (figura 1)**

En el área de lagunas entre BPI y FRA se realizaron en 2016 diversas pequeñas lagunas. S01 y S03 son lagunas permanentes y S02 es temporal. S04 es una zona de arenal que puede inundarse al mismo nivel que BPI, S01, S02 y S03 con niveles muy altos. Cuando se inunda toda la zona adquieren el mismo nivel de agua que BPI quedando indiferenciadas entre ellas.

## **9. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y EN PROFUNDIDAD DE LA TEMPERATURA Y LA SALINIDAD**

### **9.1 Temperatura del agua en las principales lagunas, FRA, BPI, M03, L01, L04 y G02**

En términos generales, el agua de las lagunas presentó una temperatura anual que guarda un paralelismo destacado con la del aire; sin embargo y en general, en verano el agua presenta temperaturas medias más altas que las del aire y en invierno es al revés, las temperaturas son más bajas. Asimismo, la amplitud de temperatura diurna del agua es mayor en verano que en invierno. En las figuras 22 y 25 podemos observar las diferencias interanuales entre los años 2014 y 2018.



**Figura 22. Temperatura del agua superficial en las principales lagunas**

Referente a la temperatura ambiental, los cuatro años han tenido una temperatura media atmosférica superior a la media climática, el último año 2018 algo menos que en los anteriores. Durante los veranos, la temperatura fue especialmente alta en julio del año 2015; en julio y agosto de 2016 también la temperatura fue superior a la media climática, menos destacada, pero durante más tiempo. Durante el verano de 2017 la temperatura fue más irregular, con altibajos; así, a mediados de junio la temperatura media fue bastante alta y a mediados de septiembre bajó bastante. Al finalizar el estudio en julio 2018, le siguió un agosto muy cálido.

Durante los inviernos observamos temperaturas bajas en febrero de 2015 y también en enero de 2017, circunstancias que afectaron a la temperatura del agua de las lagunas.

También debemos comentar que, exceptuando las lagunas de más profundidad -Fra Ramon y BPI-, las demás tienen generalmente un espesor de agua que no es lo bastante importante para que la temperatura en la parte superficial de las lagunas difiera mucho de la temperatura en la parte más profunda de las mismas.

Sólo, en las lagunas de más profundidad -FRA y BPI-, podemos prestar atención a las diferencias de temperatura entre las partes superiores y las inferiores de las mismas. Habitualmente, en los meses de más temperatura ambiental, la parte superior de estas dos lagunas tiene una temperatura más alta que las zonas de más profundidad. Sin embargo, hay anomalías, especialmente en otoño y primavera cuando el agua se estratifica y esto permite que la capa inferior con más salinidad conserve temperaturas más altas de las que serían esperables y, al ser el agua más salada, y más densa, pese a tener temperatura más alta no pierde la estabilidad, tal como pasaría si la salinidad fuera similar en las dos capas.

## 9.2 Distribución de la salinidad: evolución temporal y estratificación de la columna de agua

En la figura 23 podemos ver las irregularidades de temperatura que presentan las aguas profundas de una de las dos lagunas más antiguas; esta estratificación es en buena parte atribuible a las diferentes salinidades entre las dos capas de agua. También en figuras 26 y 27.

Por lo que respecta a la salinidad, podríamos considerar las lagunas de dos tipos:

- Las de mayor profundidad y que tienen una estratificación del agua, con diferentes salinidades y temperaturas en la parte superior y la inferior. A este tipo corresponderían las más antiguas: Fra Ramon y BPI.

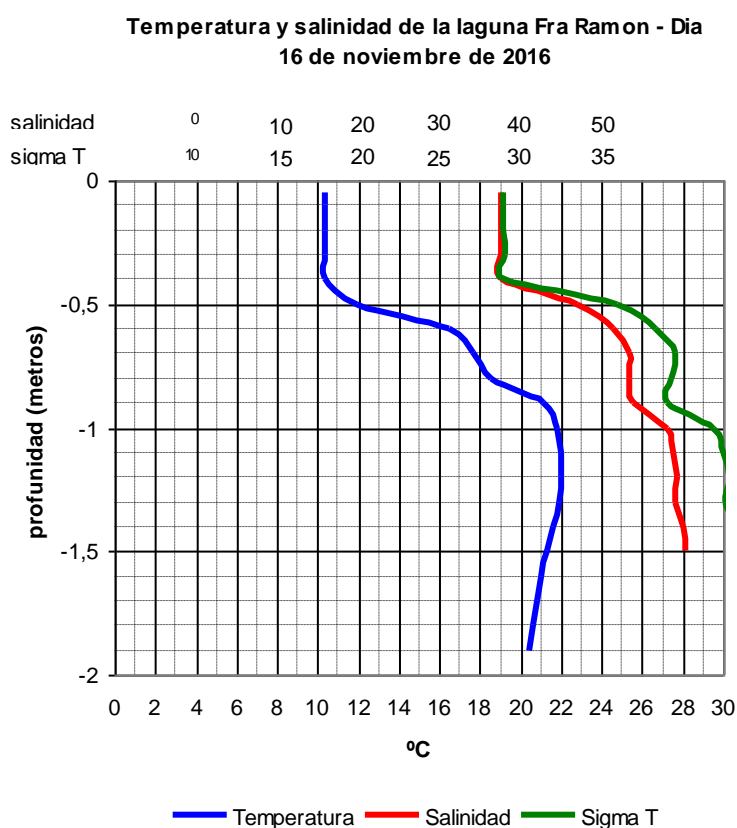


Figura 23. Ejemplo de estratificación del agua en la laguna Fra Ramon

- Las de menor profundidad, que prácticamente durante todo el año presentan pocos cambios de temperatura y salinidad entre sus partes superiores y las inferiores; estas son las lagunas restantes.

Como ejemplo del primer tipo expondremos el caso de la laguna de Fra Ramon (figura 23). En este caso, la afectación de la salinidad, especialmente en los niveles bajos, viene condicionada al estrés del subsuelo: en años lluviosos, parte del agua de la lluvia se filtra en el suelo desplazando un poco la intrusión marina, bajando la salinidad de esta zona y afectando al agua de la parte inferior de esta laguna. Por el contrario, durante los años más escasos de lluvia, como los estudiados en estos años del presente estudio, una menor pluviometría y una mayor evaporación favorecen el avance de aguas

saladas provenientes del mar, afectando a la salinidad de la zona inferior de la laguna (Quintana et al. 2018).

En las dos figuras nº 24, podemos observar como durante los últimos años, en l'Estartit, la pluviometría media mensual ha ocurrido con tendencia a la baja. En el gráfico de la media móvil mensual el punto más bajo de los últimos 50 años se muestra en 2016.

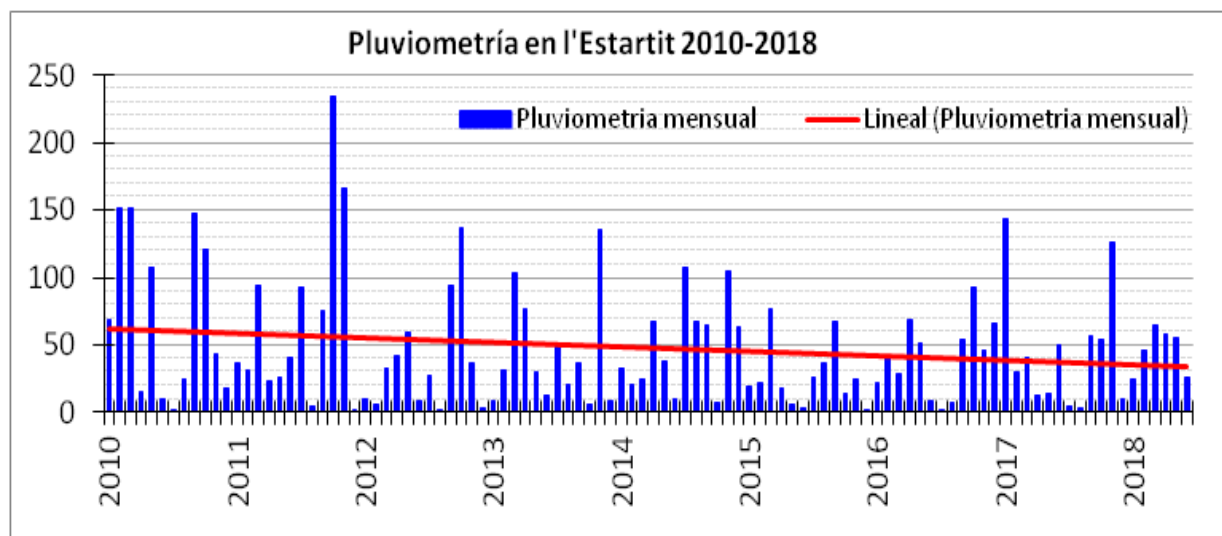
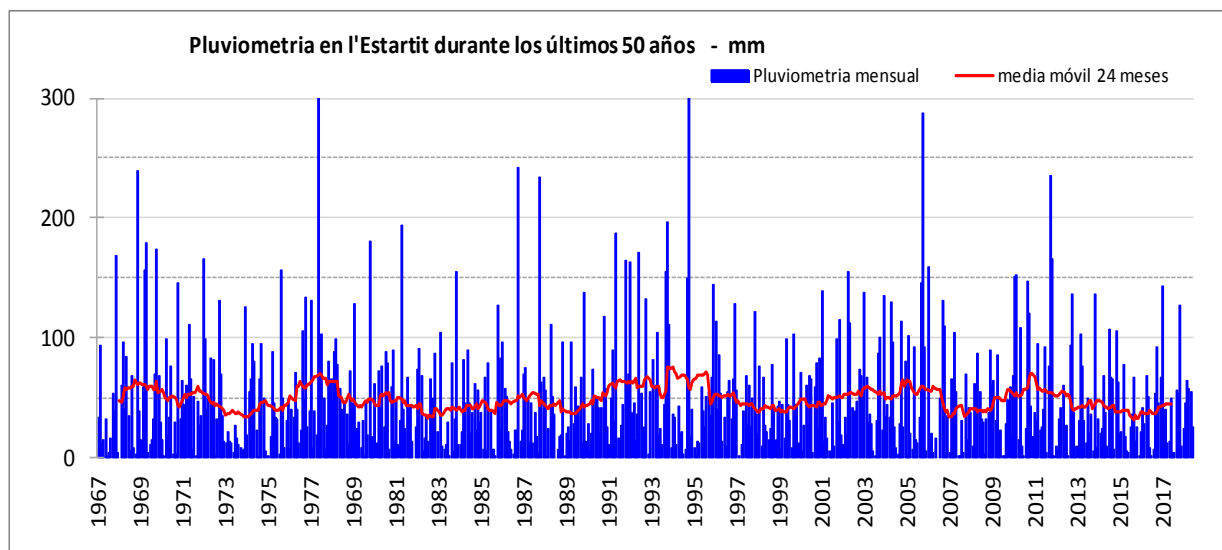


Figura 24. Pluviometría en l'Estartit, media móvil mensual y tendencia durante los últimos 50 años.

Aún es más visible si tomamos en cuenta la línea de tendencia durante los últimos 8 años. En este sentido, podemos ver como en la capa inferior de la laguna, durante los últimos años la salinidad ha mostrado tendencia a aumentar. Se observa en la figura 26, gráfico de la evolución de la salinidad.



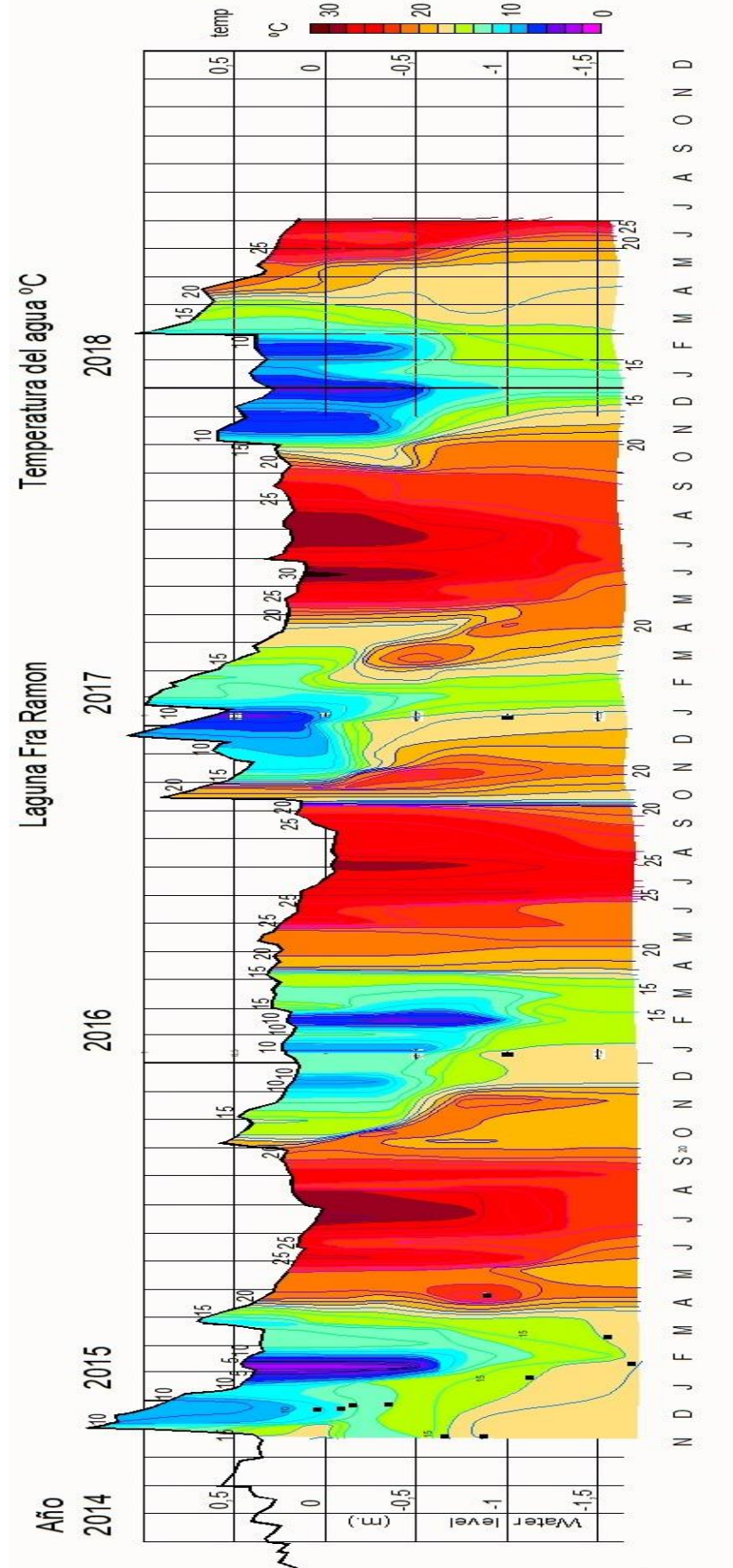


Figura 25. Evolución de la temperatura en la laguna de Fra Ramon 2014 - 2018

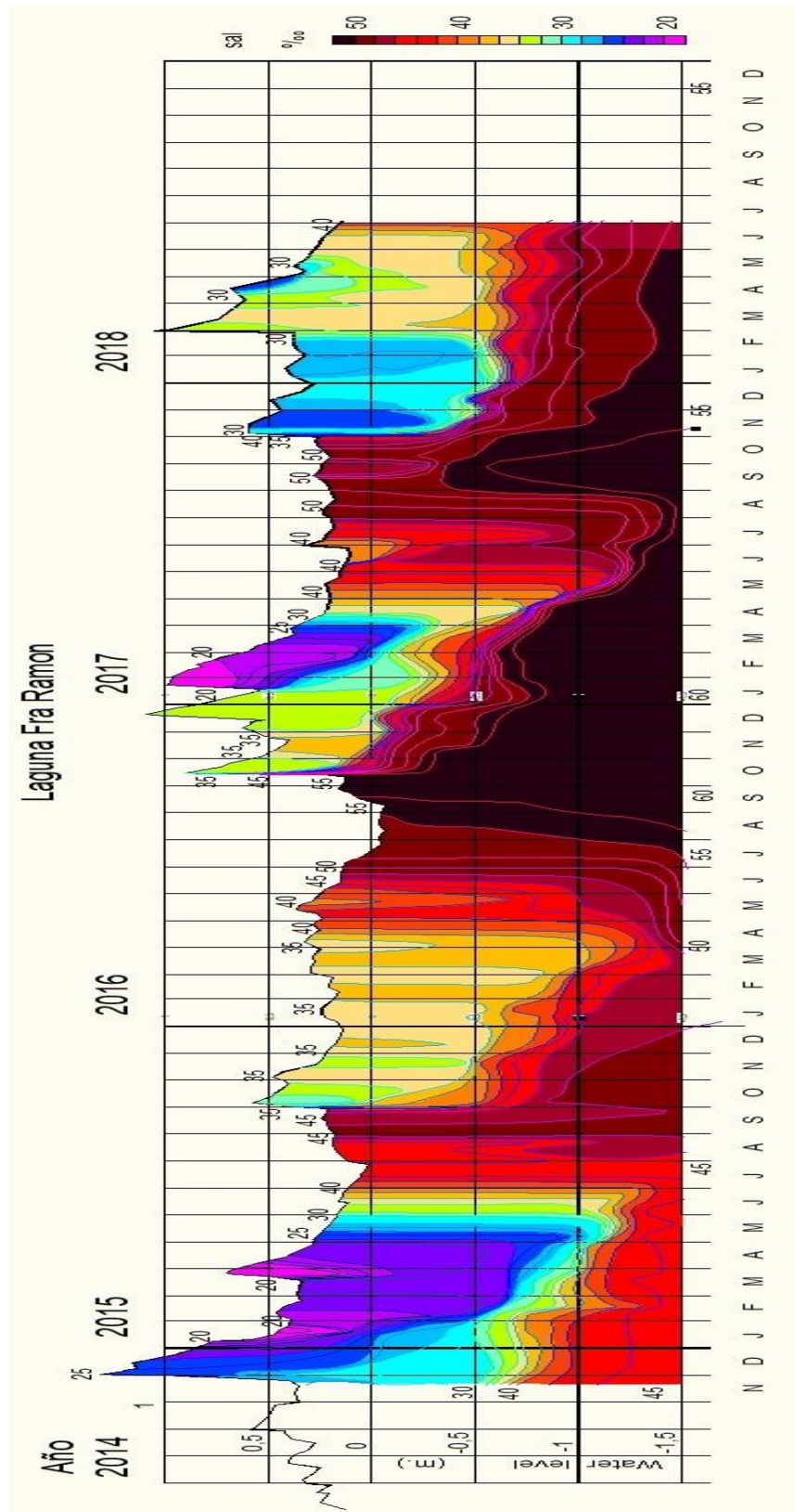
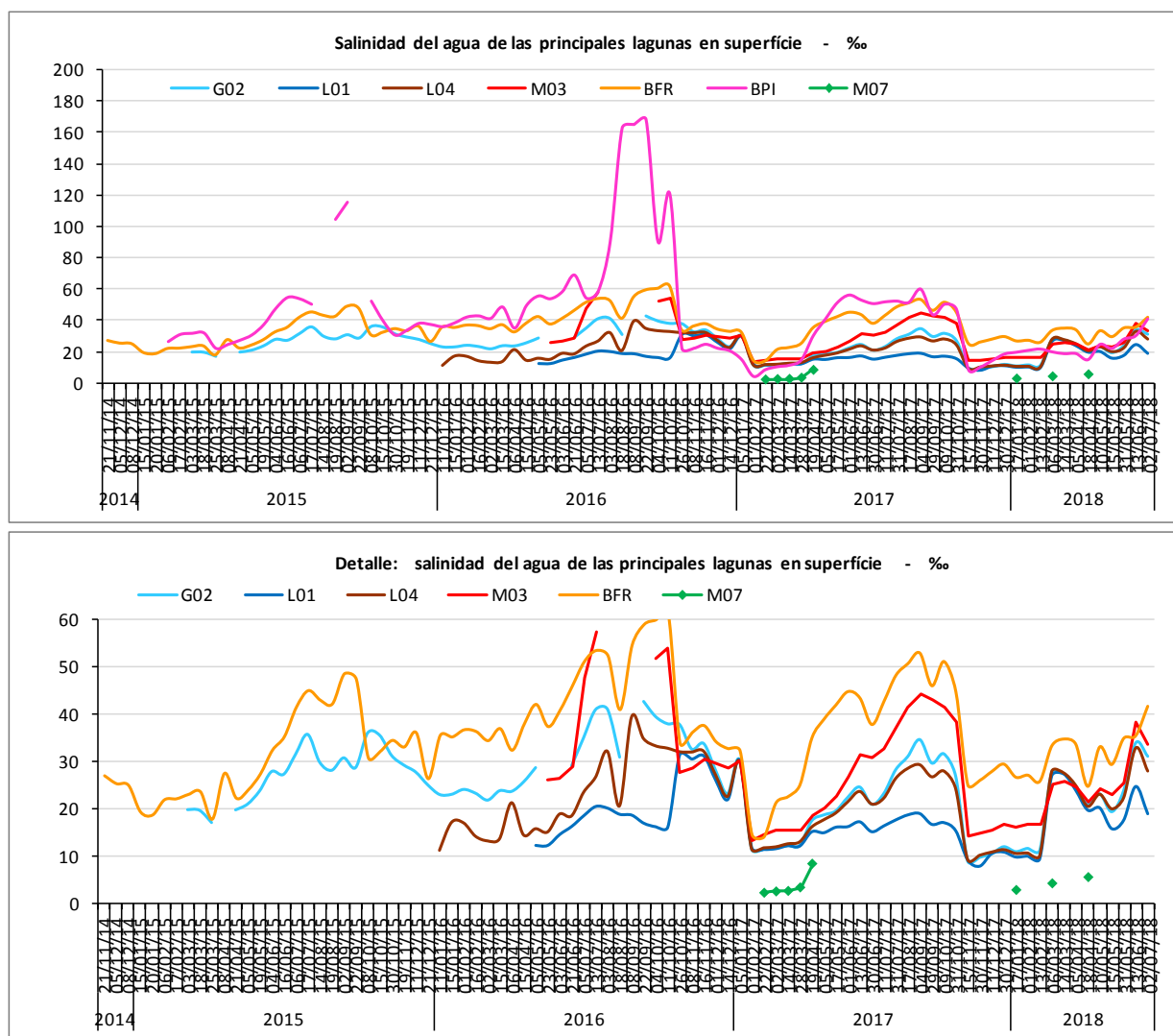


Figura 26. Evolución de la salinidad en la laguna de Fra Ramon 2014 – 2018



**Figura 27. Evolución en superficie de la salinidad del agua en las principales lagunas. Abajo detalle a mayor escala.**

Sin embargo, la parte superior de la laguna varía mucho más de salinidad en función de las lluvias y los temporales de mar, Fig. 26, 27, 30 y 32. Así podemos ver como durante los inviernos más lluviosos de 2014-2015 y el de 2016-2017 la salinidad disminuye más en superficie que no el invierno de 2015-2016, cuando las lluvias fueron de menor cuantía. También, disminuye súbitamente la lluvia a comienzos de noviembre de 2017 cuando cayó una lluvia muy localizada de más de 100 mm el día 4 de este mes. Podemos observar en las puntas superiores -que corresponden al nivel de agua de la laguna- que cuando el nivel sube dominan los colores azulados, correspondientes a baja salinidad. En cambio, durante los últimos meses de 2016, sube el nivel de la laguna y, pese a algunas lluvias, dominan los colores amarillentos que indican salinidades más altas. La razón la debemos buscar en que, en esta época hubo dos temporales de mar que aportaron aguas más saladas.

Referente al otro tipo de lagunas, la mayoría de reciente creación excepto la G02 (que tiene más de 15 años), la salinidad tiene un comportamiento similar al de las capas superiores de las lagunas FRA y BPI, es decir, los cambios responden más a la meteorología inmediata. Es decir, les es más fácil cambiar de más a menos salinidad y viceversa. Como ejemplo exponemos en la figura 27 el comportamiento de cuatro de estas.

En este caso, además de ser sensibles a las aportaciones de aguas de lluvia -cuando su salinidad baja-, y a aportaciones de aguas marinas a causa de temporales de mar o subidas del nivel del mar -cuando su salinidad aumenta-, también se ven afectadas por la evaporación que, especialmente durante los meses de verano y, especialmente si sopla el viento seco de tramontana, se evapora agua, quedando su sal más concentrada (Quintana et al. 2018). En este sentido se puede ver como la salinidad de estas lagunas ha subido cada verano, especialmente el del año 2016, cuando la evaporación fue extrema (durante el mes de julio de 2016, la evaporación potencial media diaria fue de 6,1 mm/día; la más alta en un mes desde que disponemos de estos datos durante los últimos 41 años).

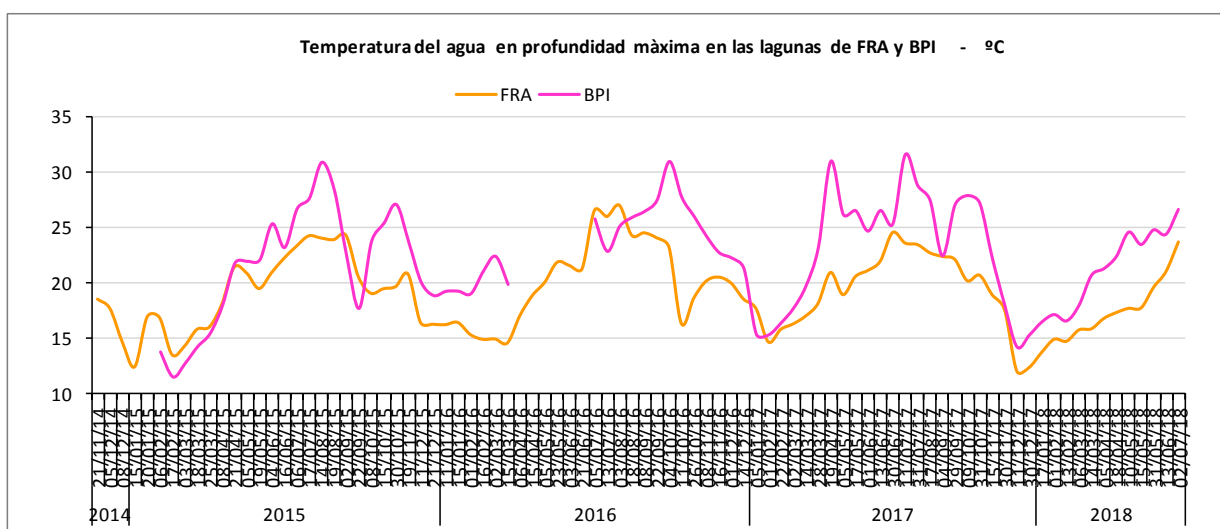


Figura 28. Evolución de la temperatura en profundidad máxima en las lagunas de FRA y BPI

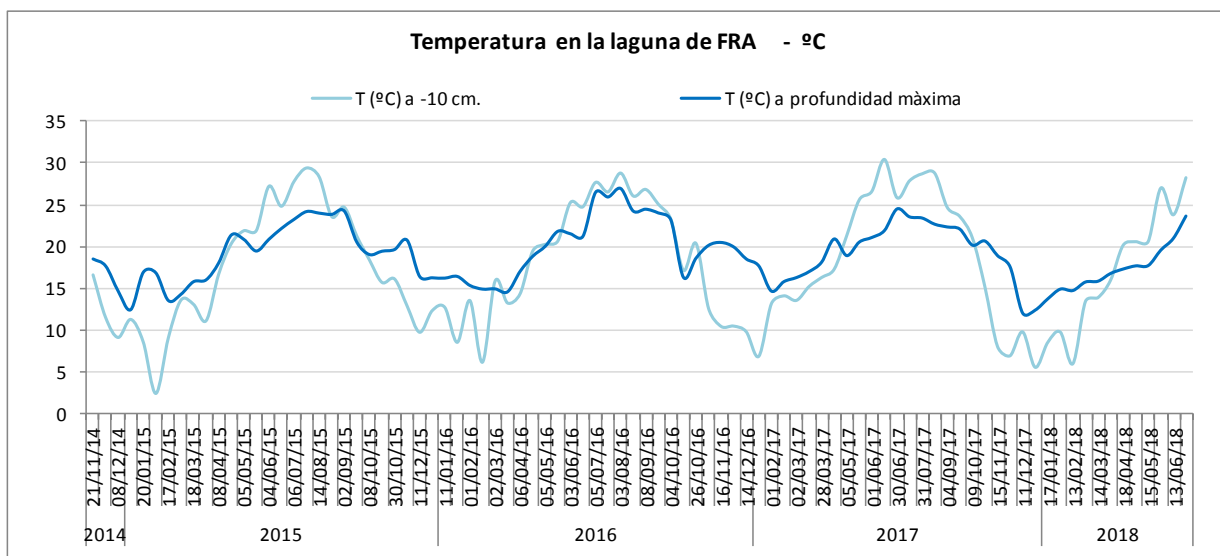


Figura 29. Evolución de la temperatura, en superficie y en profundidad, en la laguna de FRA

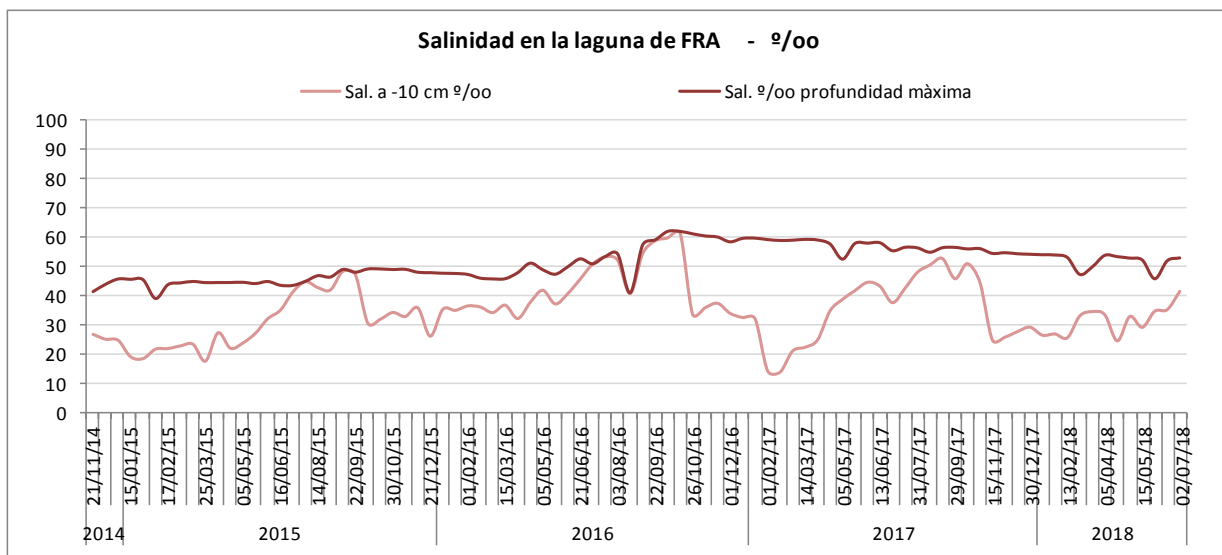


Figura 30. Evolución de la salinidad, en superficie y en profundidad, en la laguna de FRA

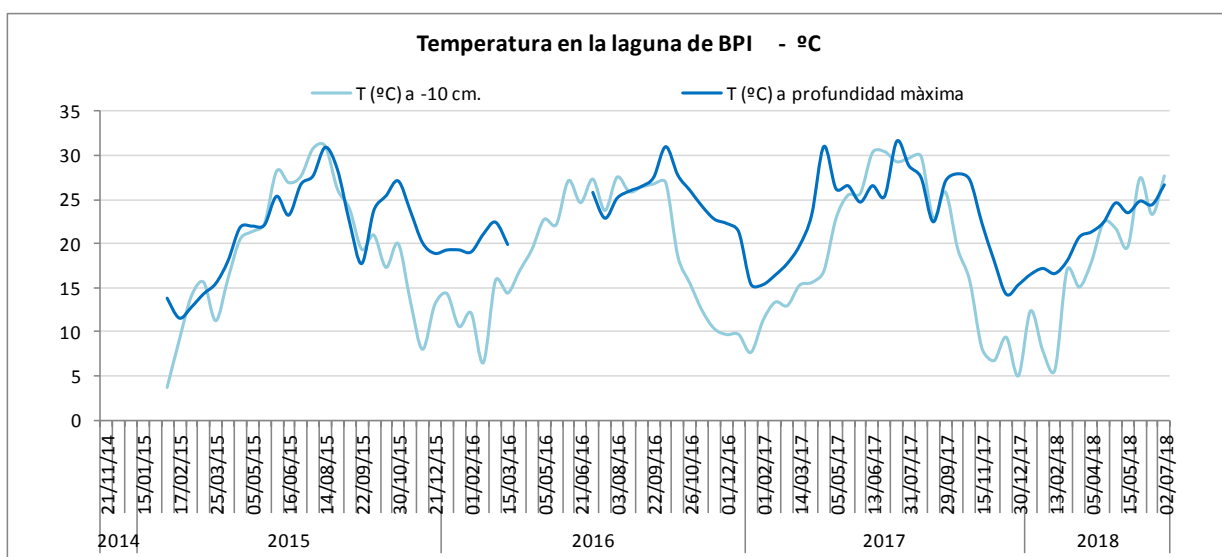


Figura 31. Evolución de la temperatura en superficie y en profundidad, en la laguna de BPI

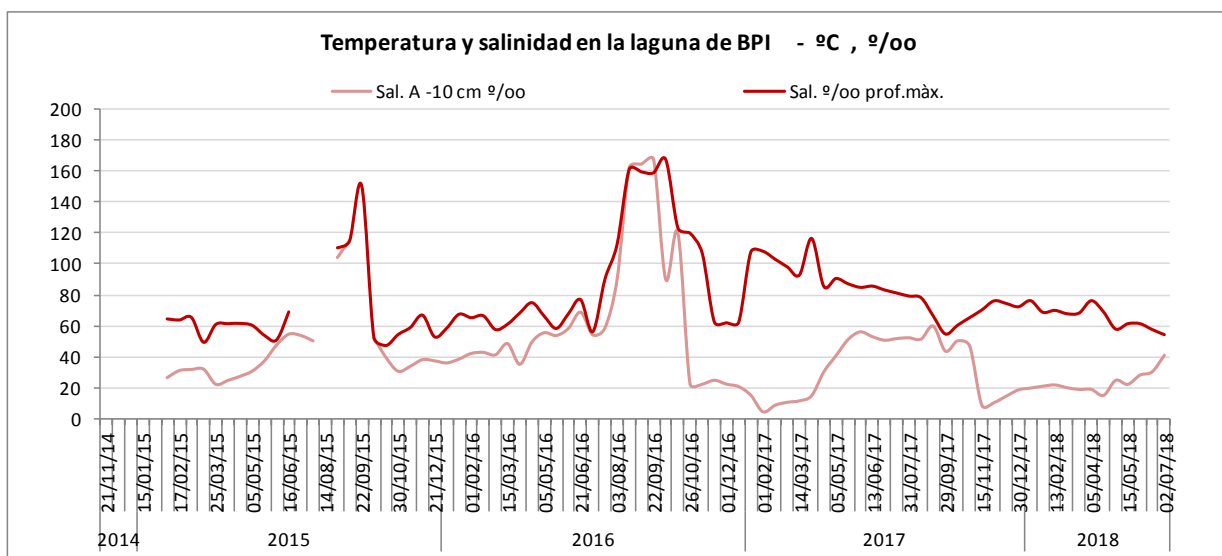


Figura 32. Evolución de la salinidad, en superficie y en profundidad, en la laguna de BPI

## 10. EL NIVEL FREÁTICO EN LAS LAGUNAS FRA Y BPI

En la laguna de FRA y también en BPI hemos observado a lo largo de los años, que había pequeñas entradas de agua en los bordes de la laguna durante los momentos de niveles más bajos en plenas sequías veraniegas (Fig.33 y 34). También ligeramente se observó en las lagunas S02 y en S03.

Aparecen estas entradas cuando las cotas de estas lagunas están muy bajas por falta de nuevas entradas de agua (lluvias y temporales) durante el tiempo en que los efectos de la insolación y de la evaporación son destacados. Y cuando la influencia del mar o del acuífero (temporales y mareas altas) es menor por ser verano. Cuando la cota del agua de las lagunas se sitúa por debajo del nivel mínimo de marea, se observan estas aparentemente pequeñas entradas de agua por vía subterránea, desde los bordes unos pocos cm más altos, hacia el centro de las lagunas. Estas entradas varían, aumentan y disminuyen diariamente, siendo apreciables especialmente en los días en que el nivel de marea es alto. Se constata así también, la importancia de la circulación del agua subsuperficial y subterránea en estas lagunas (Menció et al. 2017).



**Figura 33. Laguna BPI en pleno verano de 2016 y nivel de agua muy bajo, con visibles pequeñas entradas de nivel freático des de los bordes hacia la laguna**



**Figura 34. Laguna FRA en pleno agosto de 2016 con nivel de agua muy bajo, con visibles pequeñas entradas de nivel freático des de los bordes hacia la laguna**

## **11. APENDICE (archivos Excel)**

- A1. PLETERA - NIVELES DE AGUA 2104-2018
- A2. PLETERA - TEMPERATURA Y SALINIDAD. PRINCIPALES LAGUNAS 2014-2018
- A3. PLETERA - 1 LAGUNA FRA RAMON 2014-2017
- A3. PLETERA - 2 LAGUNA FRA RAMON 2017-2018
- A4. PLETERA - TEMPERATURA Y SALINIDAD. OTRAS LAGUNAS

## 12. BIBLIOGRAFIA

- Aemet, 2018. *Agencia Estatal de Meteorología Observaciones. Últimos datos. Gobierno de España.*  
de <http://www.aemet.es/ca/eltiempo/observacion/ultimosdatos>
- Aemet, 2018. *Agencia Estatal de Meteorología. El Observador. Premio Nacional de Observación 2018. Colaboradores de la Agencia Estatal de Meteorología. 4-6. Gobierno de España.*  
de  
[http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos\\_en\\_linea/elobservador/2018/eo-116-2018](http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos_en_linea/elobservador/2018/eo-116-2018)
- Aemet, 2017. *Agencia Estatal de Meteorología Celebración del Día Meteorológico Mundial. Delegaciones Territoriales. 5. Gobierno de España.*  
de  
[http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos\\_en\\_linea/elobservador/2016/eo-104-206](http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos_en_linea/elobservador/2016/eo-104-206)
- Badosa, A., D. Boix, S. Brucet, R. López-Flores & X. D. Quintana, 2006. Nutrients and zooplankton composition and dynamics in relation to the hydrological pattern in a confined Mediterranean salt marsh (NE Iberian Peninsula). *Estuar Coast Shelf S* 66(3-4):513-522.
- Badosa, A., D. Boix, S. Brucet, R. López-Flores & X. D. Quintana, 2007. Short-term effects of changes in water management on the limnological characteristics and zooplankton of a eutrophic Mediterranean coastal lagoon (NE Iberian Peninsula). *Mar Pollut Bull* 54(8):1273-1284.
- Gesti, J., 2003. Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Baix Ter (LIFE 99 NAT/E/00 6386). Seguimiento científico de la vegetación. Informe técnico. 33p.
- Menció, A., X. Casamitjana, J. Mas-Pla, N. Coll, J. Compte, M. Martinoy, J. Pascual & X. D. Quintana, 2017. Groundwater dependence of coastal lagoons: The case of La Pletera salt marshes (NE Catalonia). *Journal of Hydrology* 552:793-806 doi:10.1016/j.jhydrol.2017.07.034.
- Meteocat (diciembre 2018). *Servei Meteorològic de Catalunya. Estacions automàtiques (Xema).* Generalitat de Catalunya.  
de <http://meteo.cat/observacions/xema>
- Meteocat. (diciembre 2018). *Servei Meteorològic de Catalunya. Estacions manuals (Xom).* Generalitat de Catalunya.  
de [http://meteo.cat/observacions/xom\\_observacio](http://meteo.cat/observacions/xom_observacio)
- Pascual, J., N. Bensoussan, J. Salat & J. Garrabou, 2012. Clima i règim tèrmic de les aigües de les illes Medes i el Montgrí. *Recerca i Territori* 4:65-77.
- Pascual, J. 2006. El pas del temps. *Meteorología. Llibre de la Festa Major Torroella de Montgrí*:173-213.
- Pascual, J., Martinoy, M., R. Agramont, 2012. El pas del temps. *Meteorología. Llibre de la Festa Major Torroella de Montgrí*:169-204.



Pascual,J., Martinoy,M., R.Agramont, 2014. El pas del temps. Meteorologia.Llibre de la Festa Major Torroella de Montgrí:145-170.

Pascual,J., Martinoy,M., R.Agramont, 2015. El pas del temps. Meteorologia.Llibre de la Festa Major Torroella de Montgrí:179-205.

Pascual,J., Martinoy,M., R.Agramont,2016. El pas del temps. Meteorologia.Llibre de la Festa Major Torroella de Montgrí:163-189.

Pascual,J., Martinoy,M., R.Agramont, 2017. El pas del temps. Meteorologia.Llibre de la Festa Major Torroella de Montgrí:1169-199.

Pascual,J., Martinoy,M., R.Agramont, 2018. El pas del temps. Meteorologia.Llibre de la Festa Major Torroella de Montgrí:233-257.

Pascual,J.,Martinoy,M. (desembre 2018). *Estacions meteorològiques de l'Estartit i de Torroella de Montgrí*.  
de <http://www.meteolestartit.cat>

Pascual,R.,2017. Asociación de Meteorología Española. Tiempo y Clima. vol,5. Nº56. Perfiles,4.

Roig-Monar, F.X., 2011. Propostes per l'aplicació de mesures toves en la gestió d'una zona de la Pletera (Baix Empordà). Informe tècnic. 44p.

Quintana, X. D., D. Boix, X. Casamitjana, A. Colomer, J. Compte, D. Cunillera-Montcusí, S. Gascón, F. Gich, A. Menció, M. Martinoy, J. Montaner, J. Pascual, J. Sala, J. Solà & I. Tornero, 2018. Management and restoration actions of confined Mediterranean coastal lagoons in the Empordà and Baix Ter wetlands. In Quintana, X. D., D. Boix, S. Gascón & J. Sala (eds) Management and restoration of Mediterranean coastal lagoons in Europe. vol 10. Recerca i Territori.

Quintana, X. D. & M. Marí, 2004. Aiguamolls del Baix Ter, vol 23, Girona.