

La Ricarda: un ecosistema único e imprescindible para el funcionamiento ecológico del delta del Llobregat



INFORME REALIZADO POR EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN F.E.H.M. (Freshwater Ecology, Hydrology and Management) de la Universidad de Barcelona y el Dr. Joan Pino, profesor de Ecología de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Coordinadores: Prof. Narcís Prat (FEHM) y Prof. Joan Pino

Autores:

Dr. Narcís Prat (FEHM-UB)

Dr. Joan Pino (UAB)

Guillermo Quevedo-Ortiz (FEHM-UB)

Dr. Miguel Cañedo Argüelles (FEHM-UB)

Índice.

1. Resumen y conclusiones principales p4
2. Breve CV de los autores p6
3. La Ricarda: un espacio con un valor natural singular p8
 - 3a. Origen de la laguna y su área de influencia p8
 - 3b. Características hidrológicas de la laguna de la Ricarda p9
 - 3c. Un estado de conservación excepcional del ecosistema terrestre p17
 - 3d. La persistencia de especies singulares p20
4. La Ricarda, una pieza esencial e insustituible en el funcionamiento ecológico del Delta p25
 - 4a. El papel de la Ricarda en la regulación hídrica p25
 - 4b. El papel de la Ricarda en la conectividad ecológica del Delta p28
5. La paradoja de proponer medidas previas, no ejecutadas, para compensar la afectación de la Ricarda p29
6. Conclusiones. La Ricarda es un ecosistema único e imprescindible para el funcionamiento ecológico del Delta p31

1. Resumen y conclusiones principales

- a) La Ricarda es un humedal mediterráneo costero que se sitúa en el NE de la Península Ibérica, muy cercano al Aeropuerto de Barcelona-El Prat Josep Tarradellas dentro del municipio de El Prat de Llobregat. Debido a su origen (una antigua desembocadura del río Llobregat) y al estado de conservación de sus ecosistemas, supone uno de los puntos de mayor biodiversidad del Delta del Llobregat, con 541 especies inventariadas y la presencia de diversas especies que se encuentran en peligro de extinción. Cuenta con varias figuras de protección y de planificación que no han impedido una importante rarefacción de algunos organismos, especialmente los peces, los anfibios, reptiles y mamíferos, así como diversas especies de invertebrados.
- b) La biodiversidad de esta zona se debe a la combinación de diferentes factores que generan una gran heterogeneidad ambiental, como la cantidad y calidad del agua que entra en el ecosistema, la comunicación con el mar, la microtopografía y los gradientes de inundación y salinidad a lo largo de la zona.
- c) Actualmente, el balance hídrico del sistema ha cambiado mucho, especialmente después de la última ampliación del aeropuerto, que impide un régimen de aportes adecuado para mantener las fluctuaciones del nivel freático propias de estos sistemas litorales. Algunas de las medidas correctoras que se contemplaban en el la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de Ampliación del Aeropuerto de Barcelona de enero de 2002, han sido implementadas por el Aeropuerto pero se han revelado insuficientes e ineficaces y han aparecido impactos negativos permanentes que no fueron previstos por la mencionada Declaración. Por estas razones, la laguna se encuentra en un estado mediocre, según los estudios realizados para su inclusión como masa de agua según la Directiva Marco del Agua (DMA). Se necesitan implementar de forma inmediata medidas de restauración del balance hídrico y de la calidad del agua de la laguna, que permitan la renovación del agua a través de su conexión con el mar. Aun así, la biodiversidad potencial que puede albergar el sistema y su papel clave en el mosaico de ecosistemas del Delta del Llobregat hacen del ecosistema de la Ricarda un sistema único e insustituible.
- d) La laguna y el resto de la zona deltaica producen unos servicios ecosistémicos de primer orden que se verían fuertemente amenazados con la pretendida ampliación del Aeropuerto.
- e) La ampliación del Aeropuerto en los términos que se presentan supondrá la destrucción del ecosistema actual, pues una parte significativa de los ecosistemas terrestres y una parte mayoritaria de los acuáticos serán destruidos

y el funcionamiento hidrológico de lo que reste de la laguna será totalmente diferente. Es de prever una eutrofización extrema y la presencia de más especies invasoras (como el cangrejo americano ahora ausente).

- f) En la zona del delta del Llobregat es imposible reconstruir un ecosistema como el de la Ricarda por sus características de micro topografía, suelos, gradientes de salinidad y por la imposibilidad de conectar la nueva laguna con el mar de forma directa. Aunque se dediquen más hectáreas a un nuevo humedal éste nunca tendrá los valores y la funcionalidad de la Ricarda y es incierto su estado ecológico final. En este sentido, habría de servir de ejemplo el caso de la laguna de Cal Tet, creada el año 2002 para compensar los impactos ocasionados por el desvío del río Llobregat y cuya gestión la ha llevado a ser otro ecosistema eutrófico más del Delta. Además, la nueva laguna se pretende crear sobre zonas agrícolas, por lo que el mosaico agroambiental del Delta se verá modificado. Debido a las grandes pérdidas ya experimentadas por el espacio agrícola, y a la falta de una gestión integrada del sistema, en estos momentos no puede pretenderse disminuir la superficie agrícola ni que sea para aumentar las hectáreas de humedales.
- g) Urge un Plan de Restauración de todo el sistema que recupere los valores naturales de todos los ecosistemas del Delta y sus servicios ecosistémicos. Además de desestimarse la ampliación del Aeropuerto hay que requerir al mismo el cumplimiento de sus obligaciones derivadas de la Declaración de Impacto Ambiental de enero de 2002 y otras medidas necesarias para mantener y restaurar los valores de los sistemas naturales y del Parque Agrario. En especial aquellas que restauren las aportaciones de agua y el balance hídrico a las condiciones de referencia y que sirvan para la necesaria conexión biológica de la zona de la Ricarda con la zona del Remolar-Filipines. Sin la conexión de los diferentes ecosistemas será también imposible a corto plazo la conservación del mosaico agroambiental, como ya muestran los descensos en el número de ejemplares de la mayoría de los organismos (incluyendo las aves) que viven en la zona.

2. Breve CV de los autores

El Profesor **Narcís Prat Fornells**, 71 años, Catedrático Emérito de la Universidad de Barcelona, fue fundador del grupo de investigación F.E.H.M (Freshwater Ecology, Hydrology and Management). Ha sido profesor e investigador de la Universidad de Barcelona durante 45 años. Es autor de más 350 publicaciones en el campo de la Ecología y principalmente de la ecología acuática. Ha trabajado en la Península Ibérica, en varios países de Latinoamérica y ha sido investigador principal en casi 100 proyectos de investigación, dirigido 25 tesis doctorales y multitud de tesinas, trabajos de fin de carrera, Másteres etc. Ha sido distinguido con diversos galardones y premios y muy activo en los temas relacionados con la gestión del agua, siendo uno de los referentes en España y Cataluña de la implementación de la Directiva Marco del Agua. Promotor de diversos estudios en la laguna de la Ricarda, el grupo FEHM ha trabajado de forma intensa en esta laguna con varias publicaciones que forman la base de este informe. Su CV completo puede encontrarse en: https://webgrec.ub.edu/webpages/personal/cas/000946_nprat.ub.edu.html

El Profesor **Joan Pino**, 54 años, es doctor en Biología y Magíster en Tecnologías de la Información Geográfica. Actualmente es Catedrático de Ecología de la Universidad Autónoma de Barcelona y director del Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF). Cuenta con más de 150 publicaciones y ha dirigido 12 tesis doctorales y más de 25 tesis de máster en distintas universidades. Su investigación se ha centrado en la ecología de los paisajes metropolitanos y su relación con la conservación de la biodiversidad, la provisión de servicios ecosistémicos y la planificación de la infraestructura verde de dichos territorios. Es uno de los más reconocidos expertos en la planificación de la estructura verde y la conservación de la biodiversidad del delta del Llobregat. Ha coordinado el estudio de impacto ambiental de la ampliación del aeropuerto de Barcelona sobre los organismos y los sistemas naturales del delta. Cuenta además con gran número de proyectos de investigación y de contratos de transferencia con la administración local centrados en los organismos y ecosistemas del delta. Ha sido uno de los coordinadores del libro *Los sistemas naturales del delta del Llobregat*, que reúne el conocimiento más actual y completo de los organismos y ecosistemas de dicho territorio. Su CV completo puede encontrarse en: <https://orcid.org/0000-0003-0939-7502>.

El doctor **Miguel Cañedo-Argüelles**, Profesor Lector Serra Húnter de la Universidad de Barcelona, es miembro del grupo de investigación F.E.H.M (Freshwater Ecology, Hydrology and Management). Su investigación se centra en comprender y gestionar los impactos humanos en los ecosistemas acuáticos. Ha sido beneficiario de dos becas de posdoctorado (una Fulbright en la Oregon State University, EE. UU., y una Marie Curie en la Universidad de Vic, España) y participado en 20 proyectos de investigación financiados mediante convocatorias competitivas de entidades públicas o privadas. Fundó y presidió un Grupo Asesor Global sobre Salinización de Agua Dulce en la Sociedad Internacional de Toxicología y Química Ambiental (SETAC) y actualmente actúa como experto senior del Gobierno de España para establecer condiciones de referencia y desarrollar indicadores de cambio climático en ríos. Ha publicado un total de 50 artículos en revistas indexadas, incluyendo revistas de alto impacto como *Science* o *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. Es editor académico de la revista *PLOS One* y editor asociado de *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *Limnology and Oceanography Letters* y *Frontiers Ecology and Evolution*. Ha sido invitado a dar ponencias en conferencias internacionales en Europa, EE.UU. y Sudamérica. Ha supervisado una tesis doctoral (y dos más en curso) y varias tesinas y trabajos de final de grado. Después de realizar su tesis doctoral sobre la ecología de los

sistemas acuáticos del Delta del Llobregat ha seguido trabajando ininterrumpidamente en la ecología de sistemas costeros y ha mantenido activo su vínculo con la Ricarda y los diferentes sistemas del Delta mediante diferentes proyectos de investigación. Su CV completo puede encontrarse en: <https://cvn.fecyt.es/0000-0003-3864-7451>.

Guillermo Quevedo-Ortiz es graduado en biología por la Universidad de Granada, con máster en Conservación, Gestión y Restauración de la Biodiversidad. Actualmente forma parte del F.E.H.M (Freshwater Ecology, Hydrology and Management) y se encuentra realizando la tesis “Comunidades de diatomeas en ríos temporales: Dinámica de metacomunidades e implicaciones para el biomonitorio” en la Universitat de Barcelona. A su vez, se encuentra contratado como técnico especializado del proyecto de convenio de colaboración de la Universitat de Barcelona y el ayuntamiento del Prat de Llobregat para la realización de estudios de seguimiento limnológico de la laguna de La Ricarda. Durante los años 2020 y 2021, ha participado en el seguimiento de dicha laguna, realizando en este último en los muestreos de organismos acuáticos y macrófitos.

3. La Ricarda: un espacio con un valor natural singular

3a. Origen de la laguna y su área de influencia

La laguna es una antigua desembocadura del río Llobregat que se formó aproximadamente a principios del siglo XVIII cuando el río (que en aquella época cambiaba su curso libremente en función de las crecidas) la abandonó y se trasladó más hacia el norte (Planas, 1984). La zona del delta del Llobregat fue durante siglos una inmensa marisma que se iba rellenando con los aluviones aportados por el río en su parte central y mediante la acreción de barras litorales de arena que cerraban albuferas marinas en su extremo (Figura 1). Este inmenso humedal fue desecado y transformado progresivamente en zona agrícola gracias a los esfuerzos de la población, en un proceso muy duro a causa del aislamiento y las enfermedades como el paludismo. A finales del siglo XIX el área era esencialmente una zona agrícola con marismas cerca de la costa y las antiguas desembocaduras del río convertidas en lagunas. La zona tiene un desnivel topográfico muy ligero, de pocos metros con multitud de pequeñas rieras que lo anegaban en época de lluvia. En la actualidad, gran parte de la llanura deltaica está ocupada por sistemas urbanos (especialmente en el piedemonte y en las playas) y por el aeropuerto de Barcelona. Así, la laguna de la Ricarda ha quedado confinada entre el mar, la ciudad de El Prat del Llobregat, el Aeropuerto y el río. Más detalles sobre la situación y el origen de las lagunas del delta del Llobregat se pueden encontrar en Esteban et al. (2018).

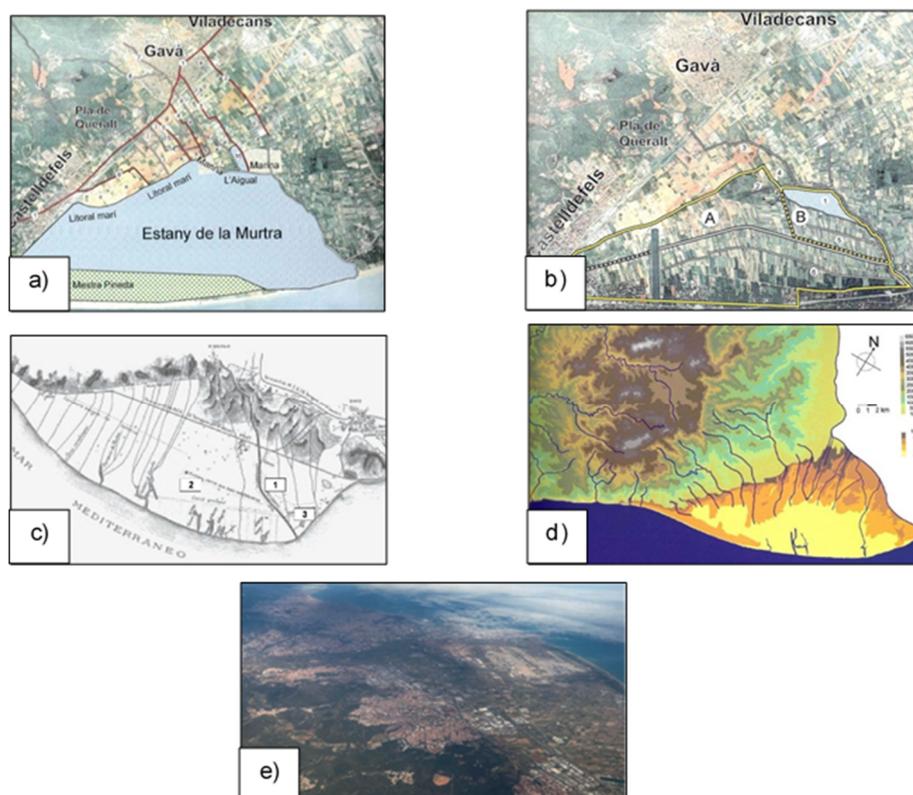


Figura 1. Evolución del Delta del Llobregat, a) desde finales del siglo XVI, b) en 1721-22, c) esquema de la progradación de la llanura deltaica del Llobregat y referencias históricas de las diferentes lagunas, d) Topografía de la zona, e) Vista aérea actual de la zona.

3b. Características hidrológicas de la laguna de la Ricarda

Hidrología y calidad del agua entrante

Uno de los principales valores de la Ricarda es su hidromorfología. A diferencia de la mayoría de las lagunas del delta del Llobregat que han sido destruidas, creadas artificialmente o modificadas hasta el punto de quedar desnaturalizadas; la laguna de la Ricarda se mantiene como una verdadera zona de transición entre los sistemas de agua dulce (ríos, canales, marismas) y el mar (Cañedo-Argüelles, 2009). Esto le confiere un hidrodinamismo muy valioso desde el punto de vista ecológico (Kjerfve, 1994; Roselli et al. 2013). La laguna puede pasar por fases hidrológicas muy diferentes (desde épocas de estancamiento y dominancia de agua dulce hasta épocas de invasión de agua de mar y fuerte oxigenación de la columna de agua). Este dinamismo permite la coexistencia de especies propias de agua dulce, especies marinas y especies salobres (Remane & Schlieper, 1971; Whitfield et al. 2012). A pesar de que la geomorfología de la laguna se ha mantenido relativamente intacta, su hidrología, como veremos a continuación, no ha corrido la misma suerte.

La laguna de la Ricarda tenía como fuente de alimentación principal, una vez separada del río, las lluvias directas sobre su cuenca de recepción, así como las aguas que le llegaban en momentos de lluvia a través de los canales de evacuación del agua de las zonas agrícolas. En 1956 el Aeropuerto ocupaba ya una parte importante del Delta, pero los canales que alimentaban la laguna en períodos de lluvia todavía estaban presentes, por lo que la laguna mantenía su régimen hidrológico similar a la época en que no había aeropuerto (Figura 2a). En 1990, después de una primera ampliación efectuada unas décadas antes, el Aeropuerto llegaba a las puertas mismas de la finca de la Ricarda y una parte del agua que alimentaba a la laguna ya no llegaba a ella (Figura 2b). Los flujos interrumpidos por el Aeropuerto eran conducidos al mar por un canal perimetral. La ampliación en 2003-2004 (Figura 2c) cortó la alimentación de los canales que iban a la Ricarda, que actualmente también circulan por el canal perimetral del Aeropuerto y, por tanto, son bombeados al mar. Así, en la actualidad la laguna se encuentra casi completamente aislada de la alimentación de agua dulce que tenía en el pasado. El canal perimetral aeroportuario recoge todas las aguas que antes llegaban a la laguna y las vierte en la zona de la laguna de l'illa. Ésta es la situación en la que nos encontramos ahora. El aeropuerto de Barcelona tenía la obligación según la DIA de 2002 de aportar agua a la laguna de la Ricarda para compensar estas pérdidas de entradas de agua dulce a la laguna, sin embargo, como veremos a continuación, el balance hídrico de la laguna ha sido severamente alterado.

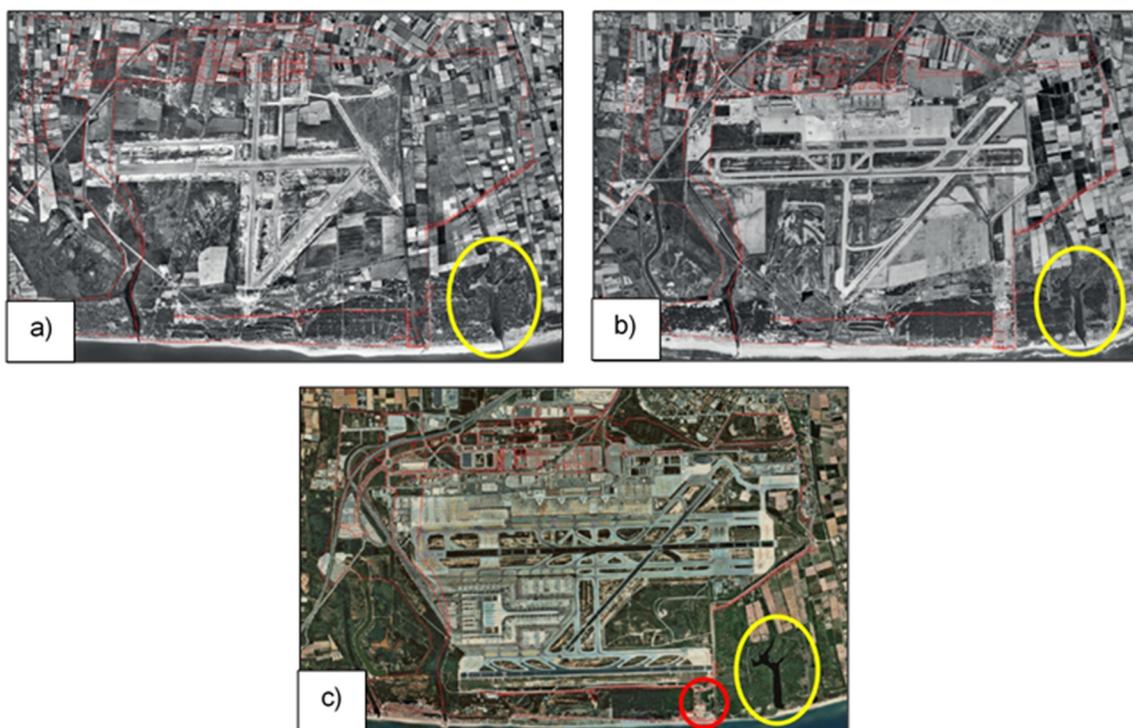


Figura 2: Ortofotomapa de la zona del aeropuerto de El Prat en tres años diferentes, a) 1956, b) 1990 y c) 2012. La laguna de La Ricarda se sitúa en la parte inferior derecha.

Balance hídrico actual de la laguna de La Ricarda

La hidrogeomorfología de la Ricarda y su conexión con el acuífero, así como su balance hídrico ha sido bien estudiada por la CUADLL (Comunitat d'Usuaris d'Aigua del Delta del Llobregat) y de hecho hay un informe actualizado de cómo funciona el acuífero, sus necesidades y cómo afecta a la laguna (CUADLL, 2021). Por ello nos limitaremos a un resumen de este y a analizar sus datos en relación con la biodiversidad de la laguna. Las entradas y salidas de agua condicionan el nivel de la laguna, de manera que a veces la laguna vierte al acuífero y otras veces es alimentada por él (Figura 5 del informe CUADLL, 2021). La presencia de diversos piezómetros (Figura 4 CUADLL, 2021) ha permitido monitorizar bien los niveles del acuífero y relacionarlos con los cambios de nivel de la laguna (Figuras 2 y 3 CUADLL, 2021) de tal forma que existe ahora un buen modelo para realizar balances hídricos de la laguna (Figura 6 CUADLL, 2021). La pérdida de aportes de agua a la laguna de La Ricarda causada por la anterior ampliación del aeropuerto se ha intentado compensar con aportaciones de diversas fuentes, tal y cómo se detalla en el informe CUADLL (2021).

Hasta ocho fuentes diferentes se han utilizado en el período 2003-2020 para intentar compensar la pérdida de entradas de agua. La importancia de la lluvia y su relación con el nivel del acuífero también se explica bien en el informe anteriormente citado (CUADLL, 2021). En la figura 3 relacionamos los cambios de nivel de la laguna con los posibles diferentes orígenes del agua y algunas características importantes para la biodiversidad de la laguna como si se abrió o no la barrera marina (también explicado en el informe CUADLL, 2021). Además, se detalla la presencia de *Ruppia marítima* (un macrófito) y cianobacterias.

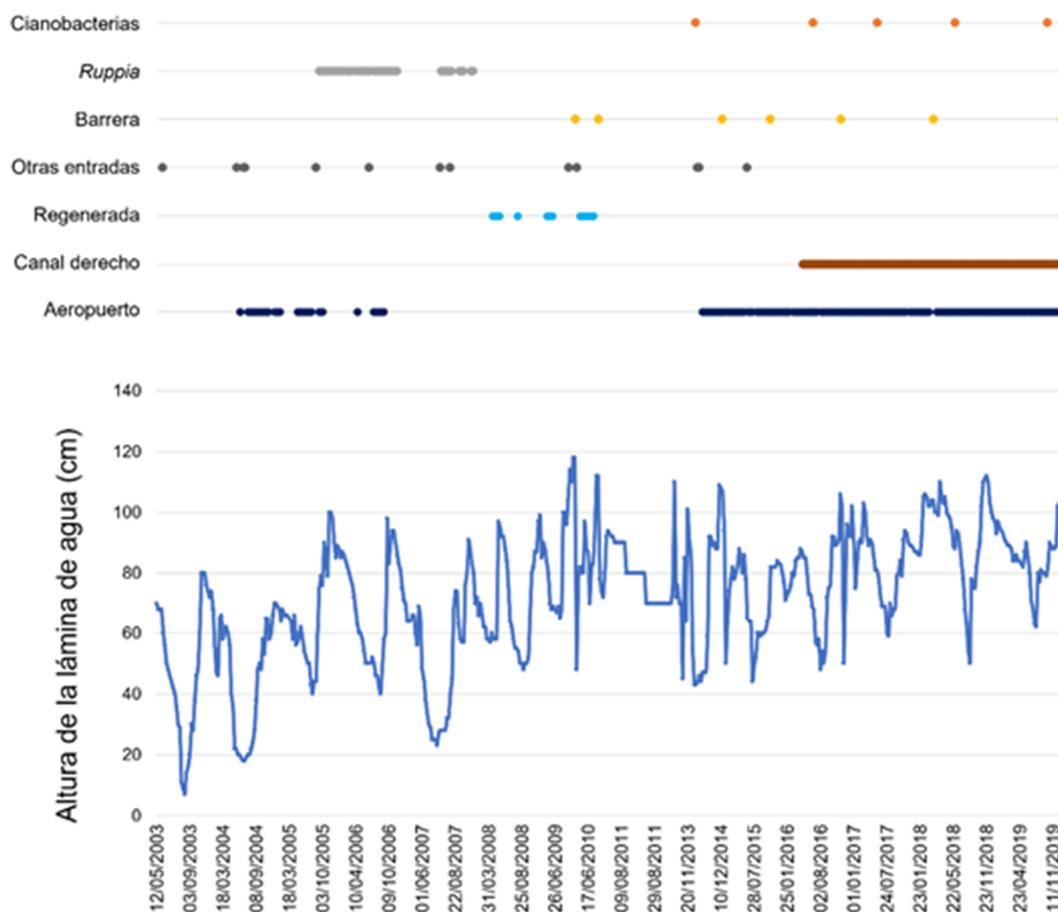


Figura 3: Representación de los cambios de nivel de la lámina de agua (cm), entradas de agua, apertura de la barrera y presencia de *Ruppia* y cianobacterias a lo largo del tiempo.

Cuando la laguna llega a un nivel de 110 cm, existe un riesgo de inundación de los campos de cultivo, por lo que en estas ocasiones de nivel máximo se procede a abrir la barra de arena que separa la laguna del mar. No existe un registro detallado de la apertura de la barra de arena antes del año 2000, pero se sabe que era muy frecuente. En los últimos años, la apertura de la barra de arena ha sido más esporádica y efímera. En la Figura 3 anotamos las aperturas de las que tenemos conocimiento (véase también la Figura 2 del informe CUADLL, 2021). A mediados del siglo XX los gestores de la finca indican que la barra se abría hasta 6 veces al año. Esto facilitaba la entrada de peces, especialmente anguilas, que eran una actividad más de sostenimiento de la economía de la finca.

Influencia de la hidrología y el nivel en el estado ecológico de la laguna.

Los cambios de niveles y los tipos de aportaciones tienen efectos importantes sobre las características fisicoquímicas del agua y son claves para determinar la comunidad de organismos de la laguna y su biodiversidad. Los estudios realizados han contemplado la toma de muestras en tres puntos diferentes. El punto ER1 está en la cabecera, donde se introduce el agua de alimentación, el punto ER2 en la parte media y el ER3 en la parte final (Figura 4). Algunos parámetros varían a lo largo del recorrido de la laguna, hecho también importante para entender los cambios en la biodiversidad de la zona.



Figura 4: Localización de los tres puntos de muestreo en los que se divide La Ricarda. Estos son ER1, ER2 y ER3. Cada uno está señalado con una imagen de la zona.

Salinidad. El contenido de sales total del agua en la estación ER1, medido como conductividad eléctrica ha sido variable en el tiempo con una tendencia a disminuir el valor medio. Los valores mínimos son superiores a $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Los valores máximos son de hasta $16000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Obsérvese cómo en algunos años la conductividad fluctúa muy poco, lo que se relaciona seguramente con la poca o nula entrada de agua de mar. Cuando se abre la barra de arena la conductividad es alta y con grandes fluctuaciones en el mismo año. Esto suele ir relacionado con la apertura de la barra de arena del mar y su duración (p.e. 2017, 2020, ver Figura 5). Las conductividades fluctúan de manera similar en las estaciones ER2 y ER3, aunque la irregularidad de la toma de muestras hace la comparación algo más difícil. Vemos que a finales de los 90 y principios de los años 2000, hay cambios y fluctuaciones importantes con subidas y bajadas de la conductividad media y con valores extremos similares a los de los años 2017 y 2018. Ello nos advierte de la importancia crucial de la apertura de la barra de arena para la renovación del agua de la laguna. El seguimiento de la conductividad en los piezómetros de La Ricarda da también una buena idea de los cambios habidos (Figuras 9 y 10 del informe CUADLL, 2021). Existe asimismo unos datos con la evolución diaria de la conductividad en continuo entre 04/2009 a 06/2012 que muestra como los datos tomados de forma estacional se correlacionan con los datos diarios (Figura 6).

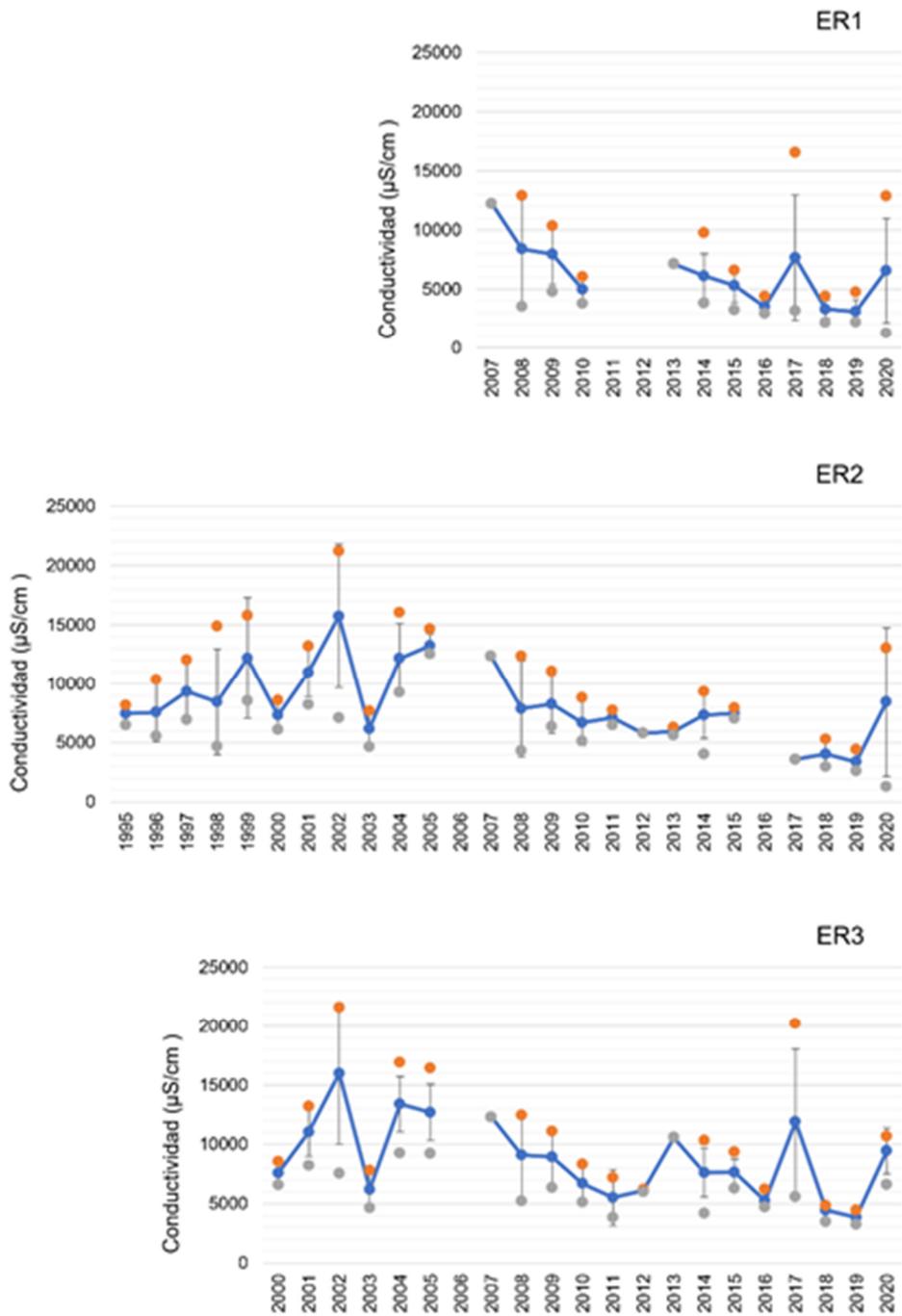


Figura 5: Gráficos con las conductividades medias anuales y su desviación para cada uno de los puntos ER1, ER2 y ER3. Se representan con puntos de coloración naranja los máximos anuales y los puntos grises los mínimos anuales.

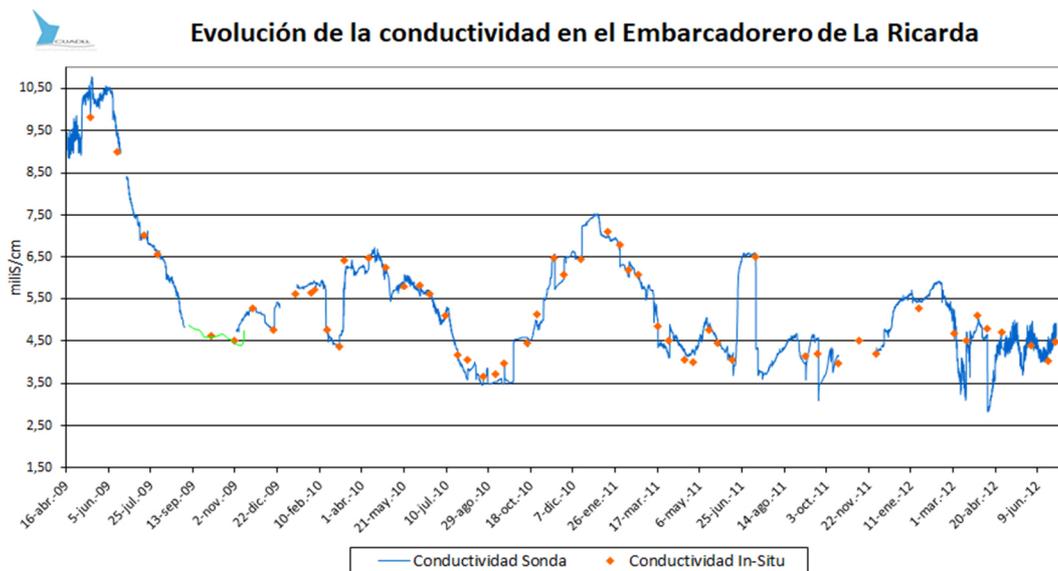


Figura 6. Evolución de la conductividad en continuo en la cabecera de la laguna de La Ricarda (estación 1) para el periodo Abril 2009 a Junio 2012. Fuente: Datos de la CUADLL.

En el trabajo de Grau-Martínez (2009) se hizo un perfil de los valores de conductividad a lo largo de la laguna que es muy interesante (Figura 7), ya que muestra un gradiente de salinidad longitudinal (desde la zona del embarcadero hasta la barra litoral de arena) que es típico de las lagunas costeras y que es difícil de observar en el delta del Llobregat debido a las alteraciones hidromorfológicas que han sufrido los diferentes cuerpos de agua. En febrero de 2008 se abrió la barra de arena (Figura 8) y se mezcló el agua de la laguna saliente con el agua de mar entrante, lo que hizo que aumentara el valor de la conductividad más hacia el interior de la laguna (Figura 7). Las fluctuaciones de conductividad a lo largo del tiempo y los gradientes espaciales de conductividad gradiente cabecera-desembocadura son rasgos distintivos de las lagunas litorales, claves para el funcionamiento del ecosistema (Pérez-Ruzafa et al. 2019). Desgraciadamente, esta heterogeneidad temporal y espacial se ha perdido en las lagunas del Delta y está desapareciendo también de la laguna de la Ricarda.

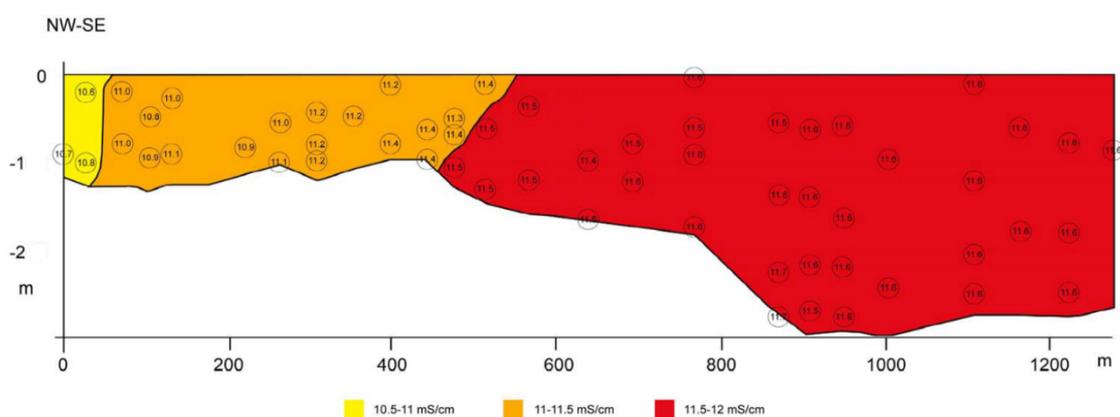


Figura 7: Perfil de conductividad a lo largo de la laguna de la Ricarda en febrero de 2008 (Grau-Martínez, 2009).



Figura 8: Fotografía de la gola abierta al mar. Febrero de 2008.

Nutrientes y eutrofización. En los ecosistemas acuáticos si el contenido en nutrientes aumenta, se produce una fuerte eutrofización que redundará en el crecimiento del plancton, lo que se llama fase oscura. Las aguas son turbias y no hay presencia de macrófitos sumergidas (p.ej. carófitos), debido a un exceso de aporte de materia orgánica al sedimento y el desarrollo de condiciones anóxicas. La fase clara (aguas transparentes) supone mucha más diversidad de organismos y de recursos tróficos (más peces, por ejemplo), con el agua siempre bien oxigenada (Scheffer et al. 1993).

En la Ricarda las concentraciones de fósforo son muy variables y pueden alcanzar valores propios de lagos muy eutróficos. En el estudio más detallado que se hizo del ciclo anual de la laguna (Cañedo-Argüelles, 2009), los valores fluctúan entre 0,02 y 8 mg/l, lo que indica períodos de concentraciones muy elevadas. Es importante tener en cuenta que el fósforo es el principal responsable de la eutrofia de la laguna, ya que las ratios de nitrógeno/fósforo apuntan al último como nutriente limitante para el crecimiento del fitoplancton (Cañedo-Argüelles et al. 2012). También no hay que olvidar que las lagunas litorales son de por sí, eutróficas, y el fósforo puede no ser un indicador fiable de la influencia humana en estos sistemas (Elliott & Quintino, 2007; Rieradevall & Cañedo-Argüelles, 2018). Las concentraciones de clorofila son también variables y propias de lagunas eutróficas como muestran los datos de Miracle et al., (1988) y Roselli et al. (2013). En la mayoría de las ocasiones la densa capa superficial de algas fitoplanctónicas no permite el crecimiento de macrófitos sumergidas. Sin embargo, a lo largo de este período de estudio se encontraron durante una época (2005-2007) matas de *Ruppia cirrhosa* (Figura 5). La presencia del macrófito, se dio justo antes de que se utilizara el agua de la EDAR o el agua regenerada (ambas con contenidos de fósforo importantes) a partir del año 2007. Aunque en 2009 se interrumpió esta entrada y se volvió a usar agua de otro pozo del aeropuerto, no se han dado las condiciones para que *Ruppia* se haya podido asentar en la laguna, que debería ser el objetivo para alcanzar su buen estado. Tampoco ayudan los cambios importantes en la concentración de oxígeno como las que se encuentran en el trabajo de Cañedo-Argüelles et al. (2012), con valores de sobresaturación en algunas ocasiones y de muy poco oxígeno en otras (Figura 9). La limnología de los ecosistemas acuáticos del Delta está muy bien descrita en Rieradevall & Cañedo-Argüelles (2018), donde se puede ver como casi todas ellas están en un estado ecológico malo o moderado (caso de la Ricarda).

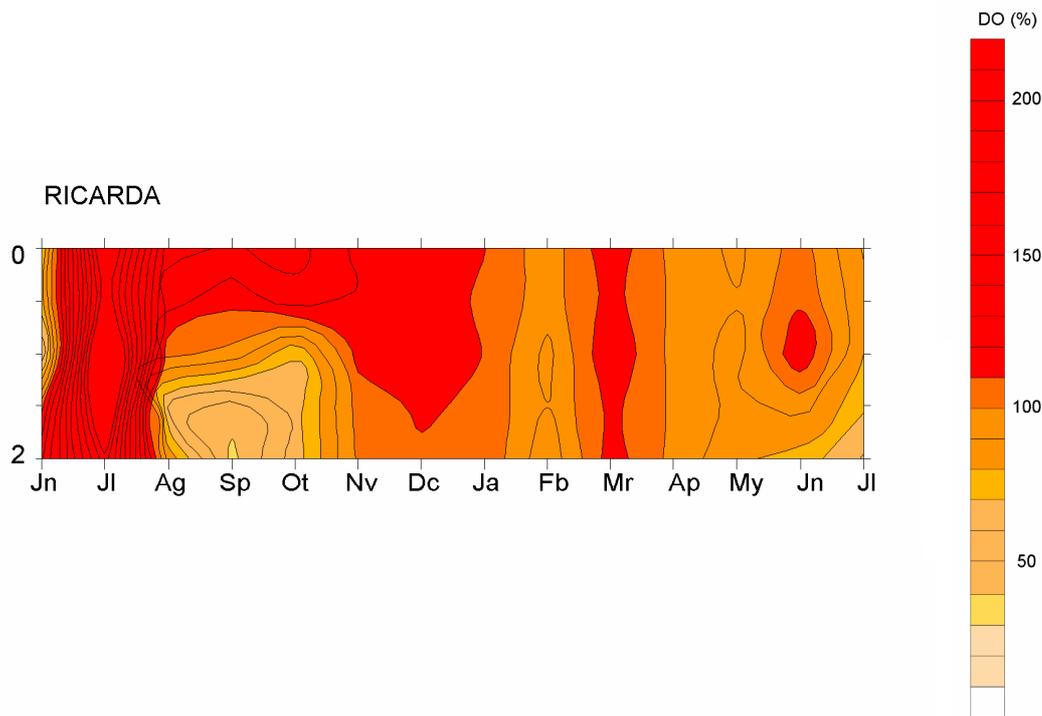


Figura 9: Cambios en las concentraciones de oxígeno a lo largo de un año (Cañedo-Argüelles et al, 2012)

En el estudio que se hizo en continuo de la Laguna de la Ricarda por parte de la CUADLL se muestran claramente los efectos de la eutrofia sobre las dinámicas diarias de oxígeno. Durante el día la gran cantidad de algas fitoplanctónicas que se alimentan de los nutrientes disueltos en el agua dan lugar a concentraciones muy elevadas de oxígeno (generalmente por encima de la saturación). Por el contrario, por la noche, la ausencia de producción primaria en combinación con la alta demanda de oxígeno por parte de los microorganismos descomponedores de materia orgánica lleva a una reducción drástica del oxígeno. De hecho, en muchas ocasiones el oxígeno se agotó y quedó toda la columna de agua (en la cabecera, estación 1) sin oxígeno (Figura 10). En invierno y primavera se dan valores menos extremos y queda todavía oxígeno en el agua, pero en verano y otoño, con temperaturas elevadas los máximos pueden ser de hasta 250% y los mínimos de 0% en el mismo día (dinámica día/noche). Esto fue la causa de la crisis distrófica que ocurrió en 2004, donde en un episodio similar a lo que ha ocurrido en el mar Menor en fechas recientes se murieron todos los peces (anguilas, lisas...) situación que no se ha revertido. Actualmente, las poblaciones de peces de la laguna están exclusivamente compuestas por la especie invasora *Gambusia affinis*, que respira el oxígeno directamente del aire. Hasta qué punto esta situación se extiende a toda la laguna se desconoce pues deberían de instalarse sondas similares en el punto 3 para saber cómo se comporta la laguna en su parte más profunda.

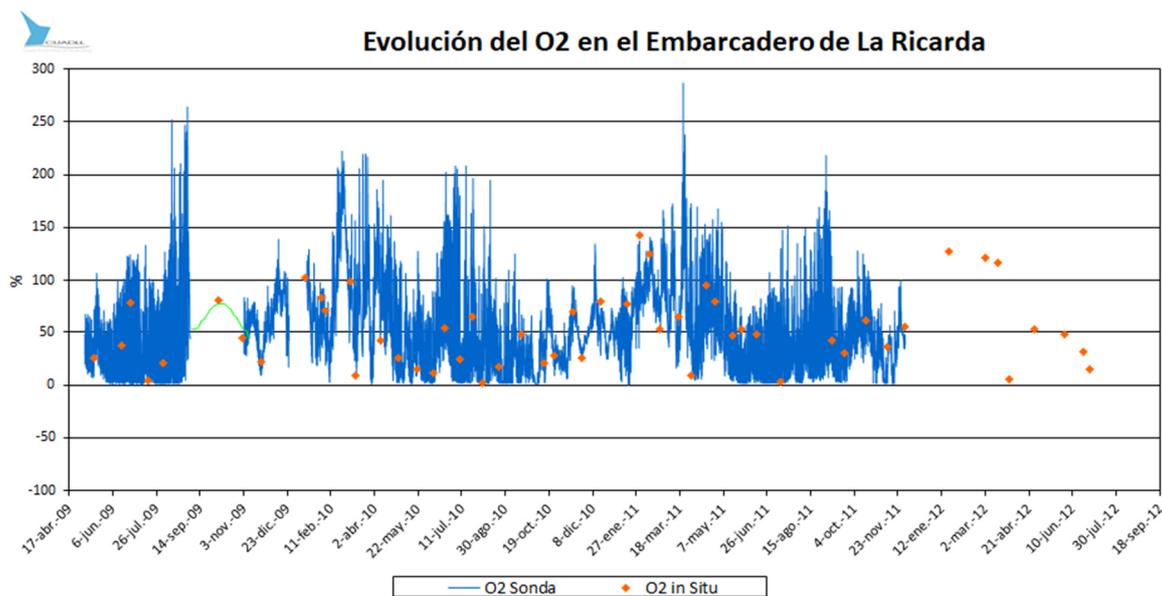


Figura 10: Cambios en continuo en las concentraciones de oxígeno entre Abril de 2009 a Junio de 2012. Obsérvese los períodos extensos de anoxia total. Se muestran los valores encontrados con la sonda en muestreos individuales (rombos naranjas). Tomado del documento "Seguimiento realizado por CUADLL por encargo de la UTE control BCN Aeropuerto."

Las comunidades de organismos acuáticos. La comunidad actual de la laguna de la Ricarda es la propia de ecosistemas eutróficos, con un plancton de pequeñas células unicelulares durante todo el año (*Chlamydomonas*, *Cryptomonas*) y en algunas épocas, de forma secundaria, cianofíceas. La comunidad de invertebrados acuáticos es también variable, con cambios importantes según la salinidad tal y como puede verse en la tabla 3 del trabajo de Rieradevall & Cañedo-Argüelles de 2018. Estas variaciones de salinidad pueden dar lugar a cambios en la presencia y abundancia de organismos propios de aguas salobres (como el crustáceo *Mesopodopsis slabberi*) a otros de aguas más dulces (como larvas del insecto *Caenis gr. macrura*). Por lo que hace al zoobentos asociado a los sedimentos, la comunidad está compuesta especialmente de quironómidos (*Chironomus* el más abundante) aunque en densidades muy bajas, relacionadas con el cambio en la concentración de oxígeno, menos oxígeno menos diversidad y abundancia. En épocas pasadas de mayor oxigenación se encontraban otras especies asociadas al sedimento, como el poliqueto *Hediste diversicolor*. A pesar de que en el pasado en la laguna había peces en abundancia, en estos momentos sólo se encuentra la especie invasora *Gambusia affinis*, lo que se relaciona con la falta de apertura de la barra de arena de forma más frecuente. Como hemos dicho antes las frecuentes crisis anóxicas (falta de oxígeno) derivadas del confinamiento de la laguna y de recibir pocos aportes de agua, es la causa de esta situación directamente relacionada con la presencia del Aeropuerto de Barcelona.

3c. Un estado de conservación excepcional del ecosistema terrestre.

El paisaje actual del delta del Llobregat se caracteriza por su elevado grado de transformación y de fragmentación (ver Germain & Pino 2018 para más datos). Sin embargo, tal como se observa en una cartografía reciente (2013) de los hábitats del Delta (Blanco et al. 2018), persisten dos grandes áreas donde se concentran las mayores extensiones de hábitats naturales y seminaturales en sus cuatro categorías principales: lagunas, marjales de agua dulce (carrizales), marjales de agua salina (juncales y salicornales) y comunidades vegetales de dunas (incluyendo los pinares de *Pinus pinea*). Estas áreas corresponden a las reservas naturales parciales de la Ricarda-

Ca l'Arana y el Remolar-Filipines, que estructuran la red Natura 2000 del Delta, complementada con otras áreas (Figura 11). Según las medidas compensatorias recogidas en la declaración de Impacto Ambiental de ampliación del aeropuerto de Barcelona (BOE 016 de 18/01/2002 Sección 3 Pag 2400 a 2411), ambas áreas debían quedar unidas por un corredor litoral que incluía la recuperación de hábitats, la ordenación del espacio y la creación de infraestructuras para la divulgación ambiental, medidas que sólo se han ejecutado parcialmente tal como reconocen los mismos gestores del territorio.

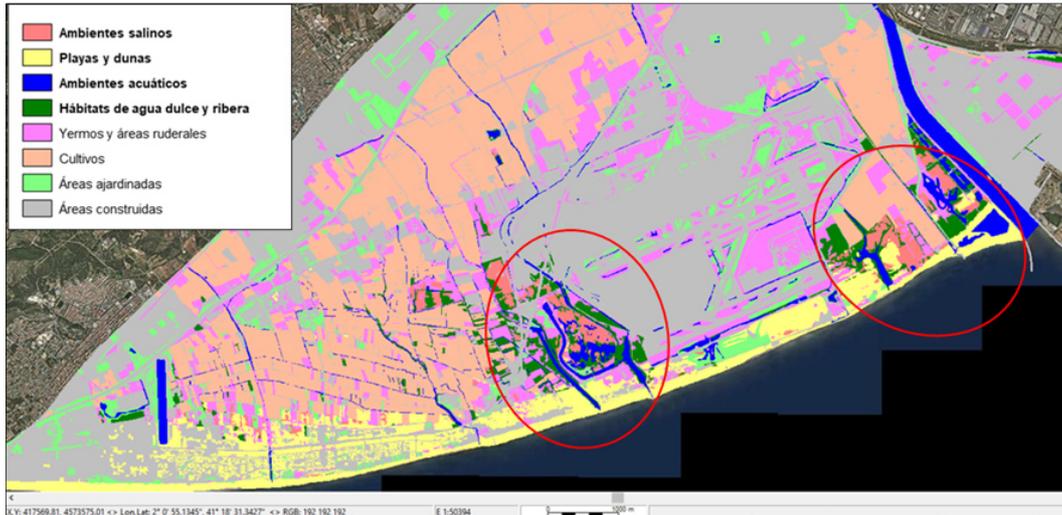


Figura 11: Principales hábitats del delta (fuente Blanco et al., 2018, reclasificado). Estos se dividen en: Ambientes salinos, Playas y dunas, Ambientes acuáticos, Hábitats de agua dulce y de ribera, Yermos y áreas ruderales, Cultivos, Áreas ajardinadas y Áreas ruderales.

La distribución de dichas comunidades no es aleatoria, sino que es el resultado de la presencia de fuertes gradientes ambientales de textura del sustrato (arenoso-limoso-arcilloso), régimen de inundación y salinidad (Batriu et al. 2011). Estos gradientes ambientales se localizan en puntos muy concretos del Delta: se trata de paleocanales fluviales correspondientes a antiguas desembocaduras (*goles*) del río Llobregat, situadas por tanto en la zona de contacto con el mar y con el cordón de dunas litoral. Por tanto, la reproducción de dichas condiciones es especialmente difícil y sólo es factible en esta franja litoral. Es imposible recrear estas condiciones, responsables de la diversidad de hábitats, en cualquier otra zona del interior del Delta.

Si bien existen dos grandes áreas del Delta que presentan el mencionado mosaico de hábitats, la Ricarda se caracteriza por un **estado de conservación excepcionalmente bueno**. En un trabajo ya clásico (Pino et al. 2009) se clasificó el estado de conservación de los hábitats del delta del Llobregat a partir del inverso de su grado de alteración antrópica: (i) muy bajo, correspondiente a bosques, marjales y lagunas bien conservados; (ii) bajo, correspondiente a bosques, marjales y lagunas con signos leves de perturbación (acumulación de escombros, áreas denudadas de origen antrópico, etc.); (iii) medio, correspondiente a cultivos abandonados y comunidades ruderales; (vi) alto, correspondiente a cultivos y áreas denudadas; y (v) muy alto, correspondiente a áreas construidas. Aplicando dicha clasificación a la cartografía de cubiertas de 2013 (Figura 12) se puede observar que la zona de la Ricarda es la que mantiene el menor grado de alteración y, por consiguiente, el mejor estado de conservación de los sistemas naturales del Delta. Probablemente, el hecho que dicha reserva se sitúa en una propiedad privada de acceso muy restringido ha ayudado a su conservación. En comparación, el área recientemente restaurada de Cal Tet muestra un grado de alteración superior y por tanto ocupada por hábitats con un grado de naturalidad inferior.

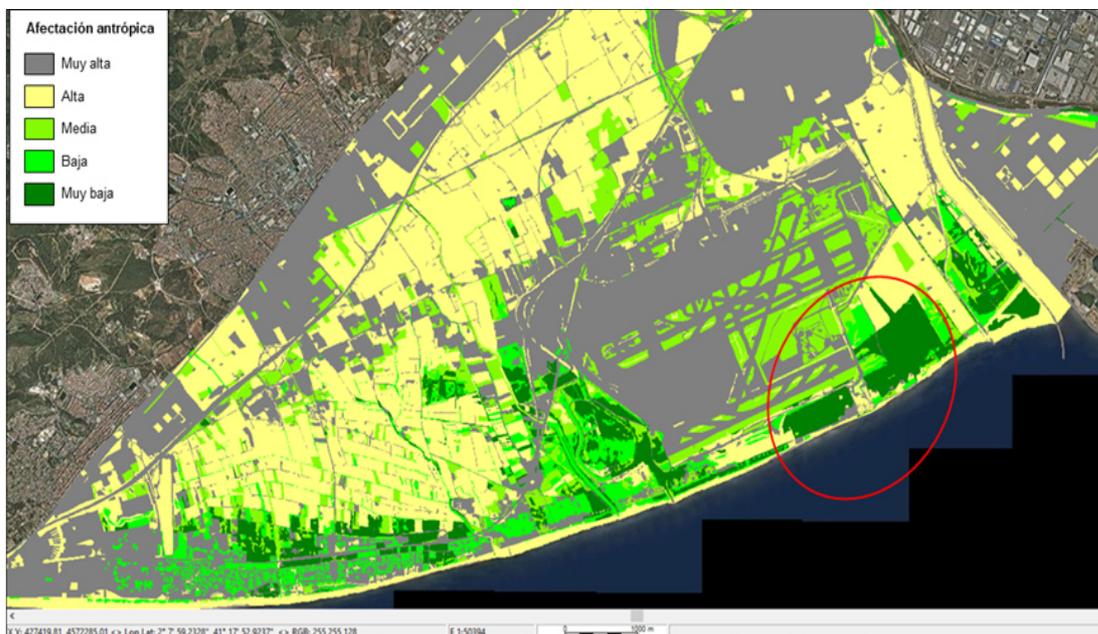


Figura 12: Grado de alteración antrópica de los hábitats del delta. Fuente: reclasificado de Blanco et al. (2018). Estos se dividen en: Muy alta, Alta, Media, Baja y Muy baja. El área marcada corresponde a los sectores de la Ricarda y Can Camins.

Uno de los elementos más relacionados con la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos es la **estabilidad de los hábitats**. Debido a sus exigencias ecológicas, muchas de las especies con mayor interés de conservación se asocian a un grado bajo de perturbación de los hábitats, el cual depende en gran medida de su estabilidad a lo largo del tiempo. En un estudio previo anteriormente citado (Pino et al. 2009) se clasificaron los hábitats de menor perturbación (naturalidad alta y muy alta) según sus cambios en el último medio siglo. Utilizando esta clasificación sobre cartografía histórica (1956) y reciente (2013) hemos creado cuatro categorías de cambios en el Delta (Figura 13): zonas estables (con hábitats que no habían cambiado desde 1956), zonas recuperadas (con hábitats que habían incrementado su naturalidad), zonas degradadas (con hábitats que habían reducido su naturalidad) y otras zonas (con cambios en sus hábitats que no afectan a su naturalidad). De nuevo observamos la concentración de zonas estables en las dos reservas naturales, y especialmente en el sector de la Ricarda-Can Camins. Por el contrario, Cal Tet muestra muchos hábitats recuperados tal como corresponde a un área resultante de restauración. La estabilidad en estas zonas se remonta a más de 50 años y ello tiene grandes efectos sobre la composición de especies y hábitats.



Figura 13: Áreas con un grado de alteración bajo y muy bajo, clasificadas según sus cambios entre 1956 y 2013 en el delta del Llobregat. Estos se dividen en: Zonas estables, Zonas recuperadas, Zonas degradadas y Otras zonas. Fuente: elaboración propia a partir del mapa de Cubiertas del Suelo de 1956 de la provincia de Barcelona y del mapa de hábitats del Delta de 2013 de Blanco et al. (2018). El área marcada corresponde a los sectores de la Ricarda y Can Camins.

3d. La persistencia de especies singulares

La Ricarda es uno de los *hot spots* de biodiversidad de interés más importantes del Delta, especialmente por lo que respecta a los hábitats dunares y salinos. Así lo indican los datos de flora, que muestran que la finca de la Ricarda es una de las zonas de mayor acumulación de flora de ambos grupos (González et al. 2016; Figura 14). Esta concentración de biodiversidad de interés parece estar relacionada con el elevado grado de naturalidad de sus hábitats, pero también con su estabilidad a lo largo del tiempo, tal como han demostrado algunos trabajos en las plantas de marisma (Pino et al. 2009). Por otra parte, la estabilidad de los hábitats de la Ricarda también parece estar detrás de la poca presencia de plantas exóticas (Pino et al. 2006).

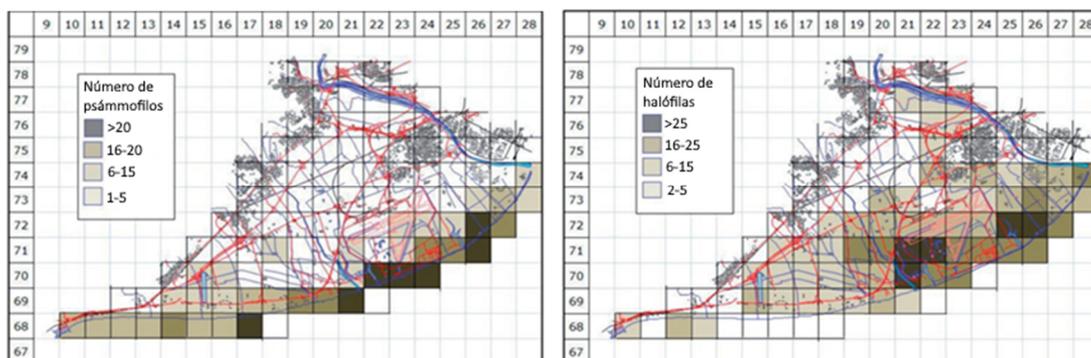


Figura 14: Riqueza de especies psamófilas (de comunidades de playa y duna, izqda.) y halófilas (de marismas salinas y salicornias; dcha.) por cuadrículas de 1x1 km en el delta del Llobregat. (Fuente: González et al. 2016).

Por lo que respecta a las comunidades vegetales de mayor interés se destacan dos casos:

Los pinares sobre dunas: Los pinares del delta del Llobregat conforman un hábitat de interés comunitario prioritario de la Directiva 92/43 (Dunas con bosques de *Pinus pinea* y/o *Pinus pinaster*, 2770*). Acogen, además, una diversidad especialmente elevada de orquídeas, lo que motivó la descripción de una comunidad vegetal específica (Blanco et al. 2018). Dominados por *Pinus pinea* (y localmente por otros pinos), estos pinares fueron plantados en tiempos históricos para la fijación de la barra de dunas litorales y permitir así la explotación agrícola y ganadera del interior del Delta (Valverde 1998). Los pinares del delta del Llobregat se cuentan entre los más extensos de Cataluña. Actualmente, sin embargo, se encuentran en extremo reducidos, alterados y fragmentados en medio de un paisaje cada vez más artificializado. Sólo aproximadamente la mitad de la superficie total (unas 300 ha) mantiene un estado relativamente natural, con las muestras más extensas y mejor conservadas en la Ricarda y Can Camins (Figura 15).



Figura 15: Pinares bien conservados y alterados o incipientes en el delta del Llobregat. Fuente: reclasificado de Blanco et al. (2018). El área marcada corresponde a los sectores de la Ricarda y Can Camins.

Los juncuales con espartina. Los pastizales dominados por la gramínea *Spartina versicolor* y a menudo con juncos como *Juncus maritimus*, *J. acutus* o *J. subulatus* constituyen también un hábitat de interés comunitario de la Directiva 92/43 (1320 Pastizales de *Spartina*; *Spartinion maritimae*). El delta del Llobregat es una de las escasas zonas de la península Ibérica con una presencia significativa de este hábitat (Espinar 2009). El 85% de la superficie de estos juncuales en el Delta se encuentra en las marismas que rodean la Ricarda (Figura 16). La abundancia de pastizales de *Spartina* en esta finca se debe a los gradientes de salinidad y de sustrato y a la persistencia de intercambios de agua entre la laguna y el mar anteriormente mencionados.



Figura 16: Distribución de las poblaciones de *Spartina versicolor* (color malva) y de *Kosteletzkya pentacarpa* (color rojo) en las marismas de la Ricarda (arriba) y en el conjunto del delta del Llobregat (abajo). Fuente: reclasificado de Blanco et al. (2018) para *S. versicolor* y datos propios para *K. pentacarpa*.

Por lo que respecta a especies de elevado interés también se destacan tres casos:

***Cicindella germanica catalaunica*.** Coleóptero estrictamente ligado a las marismas salobres y que en Cataluña sólo se conoce de dos localidades: el delta del Llobregat y las Lagunas de Serós (Lleida). El Catálogo de fauna amenazada de Cataluña (pendiente de aprobación) considera a la especie en peligro de extinción. El Decreto 328/1992, por el que se aprueba el Plan de Espacios de Interés Natural (PEIN) de Cataluña, incluyó a esta especie entre las especies de fauna estrictamente protegidas. Las marismas salobres de la Ricarda son el único hábitat conocido de la especie en el delta del Llobregat.

***Iberodorcadion suturale*.** Coleóptero también en peligro de extinción en Cataluña según el mencionado Catálogo de fauna amenazada (pendiente de aprobación). El Decreto 328/1992, por el que se aprueba el Plan de Espacios de Interés Natural (PEIN) de Cataluña, también incluyó a esta especie entre las estrictamente protegidas. Recientemente, se encontró una importante población de esta especie en la finca de la Ricarda.

Kosteletzkya pentacarpa (Malvaceae) es una especie que coloniza las marismas más o menos salobres de las riberas de los mares Mediterráneo, Negro y Caspio. Está catalogada como vulnerable en Europa y Cataluña e incluida en la Directiva Hábitats (92/43/CEE), el Convenio de Berna (1979), el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011) y el Catálogo de flora amenazada de Cataluña (Decreto 172/2008). En España solamente se encuentra en los deltas del Llobregat y del Ebro y la Albufera de Valencia, y en el delta del Llobregat habita únicamente en las marismas de la laguna de la Ricarda (Fuentes & Pino 2018). Un trabajo reciente (Fuentes & Pino 2018) muestra que, a pesar de la localización extrema de la especie en el Delta, las poblaciones de la Ricarda se mantienen en buen estado probablemente debido a la conservación de su hábitat y de los procesos hidrológicos asociados a los juncales y carrizales que coloniza (descargas de agua dulce y entradas de agua de mar).

Los humedales y fauna asociada. Por lo que respecta al resto de especies, según el Banco de Datos de Biodiversidad Catalana, la Ricarda tiene una enorme biodiversidad potencial, con un total de 541 especies catalogadas para el período 1940 - 2019 (anejo 1). Dentro de los invertebrados acuáticos cabe resaltar la presencia del crustáceo *Mesopodopsis slabberi* y el poliqueto *Hedistes diversicolor*, que no se encuentran en las otras lagunas de aguas más dulces, a pesar de que sus poblaciones actuales están muy limitadas por las anoxias que se producen en la laguna. Ambas especies constituyen una fuente de alimento potencial de gran interés para peces y aves, constituyendo así una pieza fundamental en la cadena trófica del Delta (Allen et al. 1995; Rosa et al. 2008; Whitley & Bollens, 2014). También se encuentra el odonato *Ischnura elegans*, una de las pocas especies de odonatos que tolera aguas salobres. En cuanto a mariposas diurnas, podemos destacar a *Danaus chrysippus*, en estado vulnerable y por tanto amenazado.

La Ricarda tuvo un cierto potencial pesquero, especialmente con la pesca de la anguila (*Anguilla anguilla*), que dependía de la apertura de la barra de arena. Si se abriera la barra de arena varias veces al año, la laguna recuperaría su potencial pesquero y de aprovisionamiento para las aves ya que mejoraría mucho la calidad del agua y por ende los niveles de oxígeno disuelto en el agua. La situación de las comunidades de peces en el delta del Llobregat es crítica (Aparicio & De Sostoa, 2018), con menos especies de las que se conocen históricamente. La apertura de la barra de arena sería un factor clave para la recuperación de esta fauna, cosa que sólo es posible en la Ricarda debido a que es la única laguna del Delta donde la conexión con el mar es factible y con una calidad de hábitat y de agua suficiente como para mantener poblaciones estables de diversas especies de peces. Además, la conexión con el mar es un factor clave para la dispersión de larvas de macroinvertebrados y peces (Potter et al. 2015; Lill et al. 2012; Obolewski et al. 2018), así como para el desarrollo de fauna propia de ambientes salobres como crustáceos y poliquetos (Guelorget et al. 1983; Barnes & Barnes, 1994; Cañedo-Argüelles, 2009).

Las comunidades de anfibios y reptiles también se encuentran en un momento crítico en la zona deltaica (Llorente et al, 2018), con muchas especies en regresión y varias extinguidas del total de 7 anfibios (por ejemplo, la reineta meridional *Hyla meridionalis* o el sapo corredor *Bufo calamita*) y 13 reptiles encontrados (por ejemplo, la serpiente *Natrix natrix*, la tortuga *Mauremys leprosa* y el lagarto ocelado *Timon lepidus*, que se encuentra en la categoría de casi amenazado). La Ricarda se encuentra en el conector imprescindible entre los espacios del sur del Delta y los del Norte (Figuras 11 a 13). La problemática principal se centra especialmente en la presencia de dos especies introducidas (*Discoglossus pictus* y *Trachemys scripta*), una de las cuales apareció por primera vez en el aeropuerto de Barcelona). En el caso de las aves, muchas especies son consideradas "de interés especial" en el Catálogo Nacional de Especies

Amenazadas, además forman parte del Libro Rojo de las aves de España. Entre estas especies de interés especial destacamos al martín pescador (*Alcedo atthis*) clasificado en la categoría "casi amenazado" y la cerceta común (*Anas crecca*) como "vulnerable". Otras especies por destacar serían *Charadrius alexandrinus* subsp. *alexandrinus*, *Haematopus ostralegus* subsp. *ostralegus* y *Ixobrychus minutus* subsp. *minutus*.



Figura 17. Algunos ejemplos de las especies de animales que viven en La Ricarda y que son representativas de su biodiversidad, la mayoría de ellas con poblaciones reducidas. Estas son:
a) *Alcedo atthis*, b) *Natrix natrix*, c) *Hyla meridionalis*, d) *Mauremys leprosa*, e) *Ischnura elegans*, f) *Arvicola sapidus*.

Finalmente se encuentran también interesantes poblaciones de mamíferos terrestres como la rata de agua (*Arvicola sapidus*), el musgaño enano (*Suncus etruscus*) o el ratón moruno (*Mus spretus*).

4. La Ricarda, una pieza esencial e insustituible en el funcionamiento ecológico del Delta

La importancia de la Ricarda en el funcionamiento ecológico del Delta se manifiesta en su papel fundamental e insustituible en la provisión de funciones y servicios ecosistémicos esenciales. No existen demasiados datos al respecto, pero se puede ilustrar dicho argumento con dos casos especialmente bien conocidos: el papel de la laguna en la regulación hidrológica y del conjunto del espacio en la conectividad ecológica del delta.

4a. El papel de la Ricarda en la regulación hídrica

La importancia de la laguna de la Ricarda (y del resto de lagunas más o menos naturales) como regulador del sistema hídrico deltaico es de sobra conocido. Su mantenimiento a lo largo de siglos de intensa actividad agraria ha sido consecuencia de su papel como drenante de la escorrentía del hemidelta sur. Ello, además de reducir las inundaciones en los cultivos, aseguraba la recarga del acuífero en las zonas de contacto con el mar, actuando de barrera hídrica contra la intrusión salina (Queralt et al. 2018). Una manera especialmente gráfica de constatar la importancia y complejidad de dicha función es observar las dificultades para restaurarla o recrearla en otras partes del Delta.

Por ejemplo, la **laguna de Cal Tet** se creó en el año 2003 como medida de compensación por la pérdida de hábitats naturales asociada al desvío del río Llobregat. En el mes de febrero del año 2002, con anterioridad al inicio de la excavación del nuevo cauce del río, se inició el desbroce del terreno y el estanque quedó completamente formado en enero de 2003. La laguna está orientada perpendicularmente a la costa, tiene un kilómetro de largo por 150 metros de ancho, con algunos brazos y entradas irregulares, y con una superficie de 13 hectáreas en la cota 0'6 (Seguí & Pérez, 2006). En un primer momento la laguna tenía una agua transparente y densas praderas de macrófitos (dominadas por diferentes especies de carófitos) que daban cobijo a una gran diversidad acuática y, por ende, de aves (Cañedo-Argüelles et al. 2018). Sin embargo, a medida que transcurrió el tiempo, las praderas de carófitos fueron sustituidas por poblaciones de *Potamogeton pectinatus*, que fueron alternándose con períodos de agua turbia y verde en los que no había macrófitos sumergidos y el fitoplancton crecía de manera descontrolada (Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2011). Esto es lo que en ecología se llama un cambio de fase (Scheffer et al., 2001). La evolución de los parámetros fisicoquímicos en la laguna de Cal Tet y su relación con el fósforo se encuentra en un trabajo no publicado (Pascual, 2014). En este trabajo se describe cómo la laguna y los carrizales de depuración fueron evolucionando en el tiempo y cómo llegaron a la situación de Mala Calidad actual de acuerdo con los estándares mundiales de concentraciones de fósforo y clorofila en agua. Esta situación llevó a sucesivas alternancias de fases clara y oscura. En la actualidad, la laguna de Cal Tet está en fase oscura y con gran cantidad de cangrejo americano, con ciertas fluctuaciones ambientales asociadas al dinamismo de los ecosistemas costeros.

La premisa básica de los cambios de fase en las lagunas litorales es que se deben a toda una serie de procesos interrelacionados, lo que los hace complicados de comprender. Las consecuencias de dichos cambios de fase son drásticas, ya que una vez el ecosistema pasa de una fase a otra (en este caso de una fase de aguas claras a una fase de aguas turbias) es muy complicado devolver al sistema a su estado original (no basta, por ejemplo, con reducir las entradas de nutrientes hasta alcanzar las concentraciones previas al cambio de fase). Esto es lo que ocurrió en Cal Tet, que nunca ha vuelto a tener praderas de macrófitos y ha experimentado una pérdida drástica de

biodiversidad (Pascual, 2014; Cañedo-Argüelles et al. 2018). La causa de dicho cambio de fase probablemente no se deba a un solo factor, sino múltiples factores que han interactuado (Cañedo-Argüelles, 2009), aunque los valores de fósforo elevado son sin duda un factor importante (Pascual, 2014). Todas las evidencias apuntan a que el mal diseño de la laguna ha sido clave para su degradación ecológica. La laguna se diseñó sin conexión al mar y con tres entradas posibles de agua: la del acuífero superficial, la de los carrizales de depuración de las aguas residuales regeneradas de la vecina depuradora del Prat (de calidad pobre) o la de los excedentes de riego agrícola (muy irregulares). En origen, la falta de entradas de agua llevó a su confinamiento y a la pérdida de las carófitos. Fue entonces cuando se decidió aportar el agua residual regenerada que acabó por empujar a la laguna a una fase oscura dominada por fitoplancton y que ha llevado a la pérdida de su biodiversidad. Posteriormente intentó corregirse la situación cortando los aportes de agua residual regenerada y confiando sólo en el acuífero superficial, pero ya era demasiado tarde, la laguna había entrado en un nuevo estado del que no parece que vaya a salir fácilmente. En la Figura 18 pueden observarse los cambios que ha ido sufriendo la laguna desde su creación. Éste es un muy buen ejemplo de la enorme complejidad de intentar reproducir un ecosistema artificialmente.

Los ecosistemas (y especialmente las lagunas costeras) son sistemas de alta complejidad donde las variables climáticas, hidrológicas, geomorfológicas y biológicas interaccionan en el espacio y el tiempo. Científicos de todo el mundo llevan décadas intentando desenmarañar dicha complejidad, que hoy tan sólo llegamos a vislumbrar. Así pues, pretender reproducir a través de la ingeniería una laguna costera como la Ricarda es un auténtico disparate al que no podemos augurar otra cosa que el fracaso. Las alternativas que propone el Aeropuerto a la destrucción de La Ricarda se sitúan en lugares donde su evolución será similar a la de Cal Tet y por lo tanto tendrán un estado ecológico deficiente y exigirán más medidas de restauración. Es necesario un plan global para la conservación de todas las lagunas del Delta, que pasa por la asignación de agua en calidad y cantidad suficiente. Una de las posibles fuentes sería el agua de lluvia que el aeropuerto vierte al mar, lo que exige un estudio detallado y complejo. En cualquier caso, si se destruye la laguna de la Ricarda, aunque en el futuro se aborde el tema de calidad y cantidad de agua, ya será imposible la recuperación del ecosistema con su integridad actual.

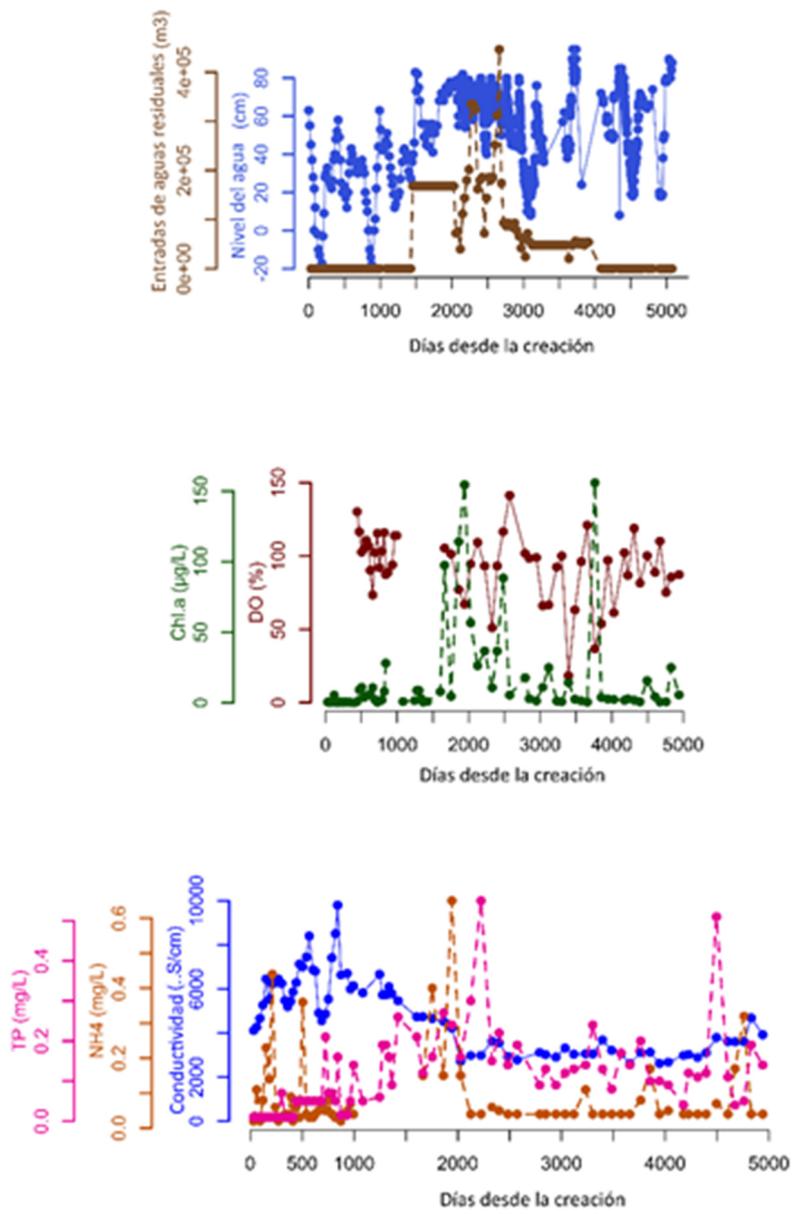


Figura 18. Evolución de la laguna de Cal Tet a lo largo del tiempo (Cañedo-Argüelles et al. 2018)

4b. El papel de la Ricarda en la conectividad ecológica del Delta

Por lo que respecta al funcionamiento de los ecosistemas terrestres, cabe destacar que la progresiva fragmentación y artificialización del paisaje del delta del Llobregat en aspectos clave como la conectividad ecológica (Figura 19), esencial para el mantenimiento de poblaciones, comunidades y ecosistemas.

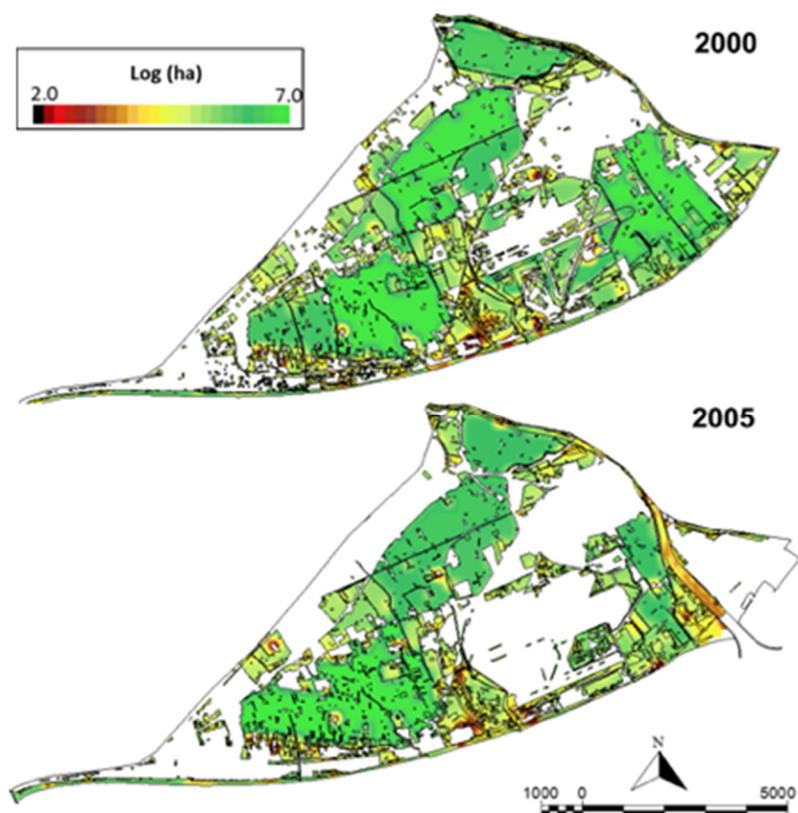


Figura 19. Cambios en el índice de Conectividad terrestre (ICT) del delta del Llobregat, calculado sobre mapas de cubiertas del suelo de 2000 y 2005. Fuente: Pino & Isern (2018)

Pino & Isern (2018) pusieron a punto modelos de conectividad ecológica para el delta del Llobregat utilizando mapas de cubiertas de antes (2000) y después (2005) de la última ampliación del aeropuerto de Barcelona, que además coincidió con un despliegue urbanístico de los municipios del Delta, la ampliación del puerto, el desvío del río Llobregat y la construcción de varias infraestructuras de transporte. Dichos modelos se basan en una modificación del índice de conectividad de Hanski y en cartografía de las cubiertas del suelo de elevada precisión, y permiten tener una visión global, ecosistémica, de la conectividad del territorio. Los mapas ponen de manifiesto la importante reducción de hábitats naturales, seminaturales y cultivos por la progresiva urbanización asociada a los proyectos de transformación anteriormente mencionados, pero también un empeoramiento de los valores de conectividad (observable con el cambio de colores de verde a rojizo) de los fragmentos de hábitat remanentes a causa de su progresivo confinamiento entre las áreas construidas. Destaca especialmente el empeoramiento del sector este del Aeropuerto, el más desconectado del conjunto del Delta, donde se encuentra la reserva natural de la Ricarda-Ca l'Arana. Es evidente que la transformación de la Ricarda derivada de la ampliación propuesta de la tercera pista del aeropuerto empeorará todavía más dicha situación.

5. La paradoja de proponer medidas previas, no ejecutadas, para compensar la afectación de la Ricarda

Queremos finalizar este dictamen con una reflexión sobre las alteraciones y medidas de restauración y conservación que arrastra el delta del Llobregat a lo largo de su historia (ver Germain 2018 para un resumen detallado). Existen diversas figuras de protección superpuestas para los espacios naturales del Delta. Hay diversos organismos que se crearon para esta protección como el Consorcio del Parque Agrario del Baix Llobregat, el Consorcio para la Protección y la Gestión de los Espacios Naturales de Delta del Llobregat o el Consorcio para la recuperación y conservación del río Llobregat. El éxito de los mismos hay que valorarlo como muy parcial, por la escasez de sus recursos y porque sus iniciativas se subordinan a menudo con la gestión y la planificación de agentes como el Aeropuerto de Barcelona-El Prat Josep Tarradellas, que ignoran las medidas de protección de estos espacios y proponen cambios por el “interés general”. Además, muchas de las especies que se deberían proteger están fuera de los espacios protegidos, por lo que la situación actual está lejos de los objetivos de conservación. El Plan director del Aeropuerto y las medidas compensatorias que éste debería haber realizado como consecuencia de la Declaración de Impacto Ambiental de 2002 (por ejemplo la restauración de los hábitats y la funcionalidad del corredor litoral entre los espacios de la Ricarda y el Remolar) no se han implementado completamente, por lo que una buena parte de la degradación de los espacios naturales se debe a los incumplimientos del Aeropuerto. De hecho, la propuesta actual incluye entre todas las medidas muchas que ya se deberían haber implementado o corresponden a espacios que ya se ha propuesto por parte de la administración ambiental competente que formen parte de la ampliación de la red Natura 2000 como respuesta al requerimiento de la Comisión Europea para mejorar la protección del Delta. Ello constituye un flagrante incumplimiento de las obligaciones que el Aeropuerto tenía y un fraude al incluirlas ahora como medidas nuevas derivadas de la ampliación que se quiere realizar.

Por lo que respecta al ciclo del agua en la laguna de la Ricarda, ya hemos visto que el Aeropuerto no ha proporcionado agua ni en cantidad ni en calidad adecuada desde 2003 cuando se hizo la anterior ampliación, y no se ha tenido en cuenta el efecto de bajada permanente de los niveles del acuífero superficial en la zona. Tampoco ahora se presenta una propuesta de cómo se hará esta aportación de agua ni de su calidad. No se responde a la pregunta clave que exige la Comisión Europea que es cómo se piensa recuperar el estado ecológico de la laguna tal como marca la Directiva Marco del Agua, ni siquiera se mencionan las medidas propuestas en el Plan de Gestión del Distrito Hidrográfico de Cataluña donde hay previstas medidas de restauración de los ecosistemas acuáticos del Delta. Podría darse la paradoja que se utilicen fondos públicos para restaurar la laguna de La Ricarda que después sería destruida por la ampliación del Aeropuerto. De acuerdo con lo que pasó en los últimos 20 años, las propuestas actuales podrían sufrir el mismo destino: quedar olvidadas. Por lo tanto, es muy probable que la ampliación propuesta llevase a una mayor degradación de los ecosistemas del Delta y a un incumplimiento total de los objetivos de la Directiva Marco del Agua.

Finalmente viendo el mapa de donde se proponen situar los nuevos humedales como compensación de La Ricarda (Figura 20), queda claro que estos serán interiores y alimentados con agua dulce rica en nutrientes. Esto llevará necesariamente a una situación similar a la de la laguna de Cal Tet, perdiendo así un ecosistema único como la laguna de la Ricarda y ganando a cambio dos humedales eutróficos con escaso valor para la biodiversidad y el funcionamiento del Delta.



Figura 20. Propuesta de localización de las lagunas que se proponen para sustituir a la parte afectada de la laguna de La Ricarda. Fuente CUADLL(2021)

6. Conclusiones. La Ricarda es un ecosistema único e imprescindible para el funcionamiento ecológico del Delta

Las conclusiones de este dictamen son muy claras, el ecosistema de la finca de la Ricarda es único y no puede ser reproducido en ningún otro lugar del Delta.

Es único por su origen: una antigua desembocadura del río con características geomorfológicas propias y difícilmente reproducibles (Capítulo 3a, Figura 1). Además de la laguna, todo el ecosistema asociado a su cuenca de alimentación, precisamente por su origen, presenta una geomorfología particular con cambios muy pequeños de altitud y suelos muy diferentes según las zonas que originan un mosaico de ecosistemas terrestres que no tiene parangón en todo el Delta (Capítulo 3c, Figura 12). Es todo el ecosistema en conjunto el que se conserva, permitiendo la existencia de especies singulares (Figuras 14, 15, 16 y). Querer “trasladar” estas especies o hábitats a otro lugar simplemente porque están en una lista de especies en peligro es absurdo; la pérdida del ecosistema pone en peligro la subsistencia de las especies y además nada puede augurar un éxito total de este traslado.

El sistema se desarrolló teniendo como eje principal la laguna del mismo nombre. El balance hidrológico (capítulo 3b) es clave para entender los cambios que se producen en el nivel de la laguna y su calidad y su relación con el acuífero (Figura 3). El balance hidrológico es bien conocido y ha sido descrito con detalle en el trabajo de CUADLL (2021). En estos balances destaca la necesidad que la laguna se conecte con el mar para producir un intercambio de agua que permita aliviar la eutrofia del sistema y producir cambios de conductividad en el sistema que son clave para mantener las diferentes formaciones vegetales terrestres que se presentan (Figura 11). En los últimos años se ha intentado mantener un balance positivo del nivel de la laguna (Figura 3) con lo que ésta está alimentando el acuífero, pero no se ha producido el cambio en el estado ecológico (de fase oscura a fase clara) que demanda la Directiva Marco del Agua. Esto se debe especialmente a que el balance hidrológico necesita de la apertura de la barra de arena de la desembocadura de la laguna (Figura 8) varias veces al año. Esta apertura posibilitaría que se supere el estado actual de Mediocre y se alcance el estado Bueno en el futuro. Hay que señalar que, a pesar del estado de su ecosistema acuático, la laguna de la Ricarda mantiene un buen estado de conservación de sus zonas anexas y un elevado potencial ecológico en su conjunto. Por contra, la mayoría de los ecosistemas acuáticos del delta del Llobregat están en estado Deficiente, no sólo por la mala calidad del agua, sino también, y muy especialmente, por el mal estado de conservación de sus zonas anexas (en este sentido del trabajo de Rieradevall & Cañedo-Argüelles de 2018 es muy claro).

La Ricarda se encuentra en un punto clave para la conservación de todos los ecosistemas del Delta, sin sus ecosistemas y sin la restauración de los ecosistemas del corredor litoral que la conectan a la zona del Remolar-Filipines, que ya han sido fuertemente modificados por la acción humana, Figuras 12 y 13, los ecosistemas deltaicos colapsarían, especialmente las poblaciones de plantas y organismos terrestres privados de la conexión entre las dos áreas principales mejor conservadas. De hecho, hoy en día, a causa de la deficiente conectividad (debido al incumplimiento de las medidas compensatorias de la ampliación aeroportuaria anterior) ya hay muchas especies en peligro de extinción, especialmente algunas plantas y los anfibios y reptiles que se encuentran en situación crítica, así como los peces (Figuras 16 y 17). Con las poblaciones de peces y de anfibios y reptiles en regresión dentro de un tiempo muchas de las aves cuyo hábitat se recuperó en el pasado van a tener problemas también (y los pequeños mamíferos terrestres) y por lo tanto todo el sistema puede colapsar en un caso típico de “punto crítico” o punto de imposibilidad de retorno a condiciones tróficas similares a las anteriormente existentes. El ecosistema resiste y es resiliente a los

cambios producidos por el hombre, hasta un punto en que muy rápidamente colapsa, y cambia a otra fase de la cual ya no se recupera y no puede volver a su situación anterior. La Ricarda es un ejemplo de cómo el sistema resiste y es resiliente todavía y es una pieza clave para que este colapso no se produzca.

Los datos también nos dejan muchos interrogantes pues aún no comprendemos muy bien por qué la laguna cambia de fase clara a fase oscura (y con valores de oxígeno muy bajos) y la imposibilidad de devolverla a su situación inicial. El ejemplo de la laguna de Cal Tet debería ser una advertencia (Figura 18). Por lo tanto, la destrucción de la Ricarda no se podría compensar por la creación de otros humedales que no sabemos qué evolución tendrían. Para comprender bien esta evolución faltarían muchos datos que ahora no tenemos. No existe un plan de seguimiento de las lagunas del Delta más allá de lo que el ACA dispone en el plan de seguimiento de la Directiva Marco del Agua (con muestreos una vez al año o como mucho cuatro veces al año para la fisicoquímica). Las tesis y tesinas realizadas en los ecosistemas acuáticos del delta del Llobregat y particularmente en la Ricarda y los datos de la CUADLL sobre el acuífero y la laguna, nos dan muchas pistas de su funcionamiento, pero no de los detalles necesarios para poder abordar su restauración. Incluso aunque el ACA iniciara un estudio de investigación como los que prevé la propia Directiva Marco del Agua, se necesitan estudios continuados con sensores automáticos (como los hechos en los años 2009 a 2012) que midieran al detalle los cambios día-noche y los longitudinales además de las condiciones del sedimento para poder tener una buena idea de cómo funciona la laguna y el acuífero asociado y llegar a tener un modelo que nos pudiera hacer predicciones fiables de cómo cambiarían los ecosistemas según los cambios que se introdujera en ellos. Es imposible sin estos datos proponer una destrucción de la laguna y pensar que se puede reproducir este ecosistema en otro lugar del Delta.

Finalmente hemos de mencionar la gobernanza. En estos momentos, los sistemas agroambientales del Delta (incluyendo los campos de cultivo) están gestionados por múltiples administraciones, diferentes consorcios y agentes cada uno con sus propios intereses, la propia Generalitat de Catalunya que casi no interviene en la gestión, la presencia de infraestructuras como el Aeropuerto que parece querer ser una isla dentro del sistema, y muy especialmente un conflicto permanente de intereses y prioridades entre las diferentes administraciones. Cada Administración quiere hacer su política propia, o frenar cualquier iniciativa que no sea de su propio interés, con lo que hacen imposible una política sostenible para conservar o restaurar la biodiversidad en la zona del delta del Llobregat. Aunque todas las administraciones están muy concienciadas de la emergencia climática que vivimos y hacen votos para la sostenibilidad del planeta, la realidad es que muchas de sus acciones son contrarias a la política del “Green New Deal” que propone la Unión Europea, pues tanto el Aeropuerto como los nuevos desarrollos urbanísticos de la zona suponen no sólo un freno en esta política sino un retroceso enorme. Por ello, la conservación de la Ricarda es imprescindible. Su conservación y especialmente su restauración a las condiciones que tenía hace 50 años, sería la garantía que aquella política ha sido un éxito.

Finalizamos como empezamos, la propuesta del aeropuerto de Barcelona de destruir la laguna de la Ricarda y los ecosistemas terrestres adyacentes no debería ser aceptada. Aunque se generen nuevos espacios, éstos nunca tendrán las características de la laguna natural creada por el abandono de una antigua desembocadura del río. Es más, su destrucción pondría en peligro todos los demás ecosistemas protegidos en un sistema de caída en bloque. Desde todos los puntos de vista esta propuesta es inaceptable.

Bibliografia

- Allen, D. M., Johnson, W. S., & Ogburn-Matthews, V. (1995). Trophic relationships and seasonal utilization of salt-marsh creeks by zooplanktivorous fishes. *Environmental biology of fishes*, 42(1), 37-50.
- Aparicio, E., & de Sostoa, A. (2018). La comunitat de peixos del Delta del Llobregat. pp. 54-552 in: Germain J, Pino J (ed.), *Els sistemes naturals del delta del Llobregat*. Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural, 19, 1st ed, 715 pp. ISBN 9788499654430.
- Barnes, R. J., & Barnes, R. S. (1994). The brackish-water fauna of northwestern Europe. *Cambridge University Press*.
- Batriu, E., Pino, J., Rovira, P. Ninot, J.M. (2011). Environmental control of plant species abundance in a microtidal Mediterranean saltmarsh. *Applied Vegetation Science* 14: 358-366.
- Blanco, JM., Seguí, JM., Pino, J., Batriu, E., & Valverde, A. (2018). El paisatge vegetal del delta del Llobregat. pp. 223-247 in: Germain J, Pino J (ed.), *Els sistemes naturals del delta del Llobregat*. Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural, 19, 1st ed, 715 pp. ISBN 9788499654430.
- Cañedo-Argüelles, M. & Rieradevall, M. (2011). Early succession of the macroinvertebrate community in a shallow lake: Response to changes in the habitat condition. *Limnologia*, 41(4), 363-370.
- Cañedo-Argüelles, M. (2009). *Ecology of macroinvertebrate communities in transitional waters: Influence of the environment, response to disturbance and successional processes*. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/297159170_Ecology_of_macroinvertebrate_communities_in_transitional_waters_influence_of_the_environment_response_to_disturbance_and_successional_processes.
- Cañedo-Argüelles, M., Almendro, M., De Roa, E., & Prat, N. (2018) La importancia de la conectividad hidrológica para la gestión de las lagunas costeras: Cal Tet y La Ricarda (Delta del Llobregat, España) como estudios de caso. En "Gestión y restauración de lagunas costeras Mediterráneas en Europa". *Editorial Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis*. Disponible en: http://lifepletera.com/wp-content/uploads/2019/02/Recerca_i_Territori_10_ESP_MdM_web.pdf.
- Cañedo-Argüelles, M., Rieradevall, M., Farrés-Corell, R., & Newton, A. (2012). Annual characterisation of four Mediterranean coastal lagoons subjected to intense human activity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 114, 59-69.
- CUADLL, (2018). Estudi del funcionament hidràulic de la llacuna de La Ricarda i propostes de Gestió. *El Prat de Llobregat*. Informe 50pp.
- CUADLL (2021). Dictamen hidrogeològic sobre la proposta de ampliació del Aeroport de Barcelona-El Prat 2021. Informe para el Ayuntamiento de El Prat del Llobregat. 30pp
- Elliott, M., & Quintino, V. (2007). The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine pollution bulletin*, 54(6), 640-645.
- Espinar, JL. (2009). 1320 Pastizales de *Spartina* (*Spartinion maritima*). En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. 57 p.
- Esteban, P., Laredo, S., Pino, J., & Valverde, A. (2018). El context deltaic, situació, origen geològic i història del poblament humà. pp. 27-39 in: Germain J, Pino J (ed.), *Els sistemes naturals del delta del Llobregat*. Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural, 19, 1st ed, 715 pp. ISBN 9788499654430.
- Font, X., De Cáceres, M., Quadrada, R. V., & Navarro, A. (12/07/2021). Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya. *Generalitat de Catalunya i Universitat de Barcelona*. <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>.
- Fuentes, L., & Pino, J. (2018). Seguimiento de las poblaciones de dos especies perennes de interés para la conservación en el Delta del Llobregat. *Conservación Vegetal*, (22), 11-13. <https://doi.org/10.15366/cv2018.22.005>.

- Germain, J. (2018). Iniciatives de conservació del Delta del Llobregat. pp. 639-677 in: Germain J, Pino J (ed.), Els sistemes naturals del delta del Llobregat. *Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural*, 19, 1st ed, 715 pp. ISBN 9788499654430.
- González, V., R. Del Hoyo, Seguí, JM., & Valverde, A. (2016). *Flora vascular del Delta del Llobregat*. Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural.
- Grau Martínez, A. (2009). Actualització Hidrogeològica de la Llacuna de la Ricarda, al Delta del Llobregat, en el municipi del Prat de Llobregat. Trabajo de final de carrera. Universidad Politécnica de Cataluña. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8652/00.pdf?sequence=1>.
- Guelorget, O., Frisoni, G. F., & Perthuisot, J. P. (1983). La zonation biologique des milieux lagunaires: définition d'une échelle de confinement dans le domaine paraliquméditerranéen. *Journal de recherche océanographique*, (1).
- Kjerfve, B. (1994). Coastal lagoons. In *Elsevier oceanography series* (Vol. 60, pp. 1-8). Elsevier.
- Lill, A. W., Closs, G. P., Schallenberg, M., & Savage, C. (2012). Impact of berm breaching on hyperbenthic macroinvertebrate communities in intermittently closed estuaries. *Estuaries and Coasts*, 35(1), 155-168.
- Llorente, G., Montori, A., Franch, M., & Garriga, N. (2018). Amfibis i rèptils del delta del Llobregat. Història d'un declivi. pp. 553-576, in: Germain J, Pino J (ed.), Els sistemes naturals del delta del Llobregat. *Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural*, 19, 1st ed, 715 pp. ISBN 9788499654430.
- Miracle, M. R., Serra, M., Oltra, R., & Vicente, E. (1988). Differential distributions of *Brachionus* species in three coastal lagoons. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 23, 2006-2015.
- Moreno, J. C., Iriondo, J., Martínez, F., Martínez, J., & Salazar, C. (2019). Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España. Adenda 2017. Madrid, Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- Obolewski, K., Glińska-Lewczuk, K., & Astel, A. (2018). Lost connectivity between a coastal lagoon and the sea—implications of floodgate closure for benthic macroinvertebrates. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 211, 77-89.
- Pascual, M. (2014). Canvis en l'eutrofització d'una llacuna somera del delta del Llobregat. Treball de fi de grau de Ciències Ambientals de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona. 46 pp.
- Pérez-Ruzafa, A., Pérez-Ruzafa, I. M., Newton, A., & Marcos, C. (2019). Coastal lagoons: environmental variability, ecosystem complexity, and goods and services uniformity. In *Coasts and Estuaries* (pp. 253-276). Elsevier.
- Pino, J., & Isern, R. (2018). El paisatge funcional i el mosaic dels ecosistemes terrestres. pp. 97-113 in: Germain J, Pino J (ed.), Els sistemes naturals del delta del Llobregat. *Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural*, 19, 1st ed, 715 pp. ISBN 9788499654430.
- Pino, J., Seguí, JM., & Alvarez, N., (2006). Invasibility of four plant communities in the Llobregat delta (Catalonia, NE of Spain) in relation to their historical stability. *Hydrobiologia*. 570: 257-263.
- Pino, J., Vilà, M., Álvarez, N., Segrí, JM., & Guerrero, C. (2009). Niche breadth rather than reproductive traits explains the response of wetland monocotyledons to land-cover change. *Applied Vegetation Science*. 12: 119-130.
- Planas, R. (1984). Braços de riu, estanys i maresmes del delta del Llobregat. *Caixa d'Estalvis de Catalunya*. ISBN: 84-505-0122-9.
- Potter, I. C., Warwick, R. M., Hall, N. G. & Tweedley, J. R. (2015). The physico-chemical characteristics, biota and fisheries of estuaries. *Freshwater fisheries ecology*, 48, 79.
- Queralt, E., & Isla, E. (2018). L'aigua al Delta pp. 43-70 in: Germain J, Pino J (ed.), Els sistemes naturals del delta del Llobregat. *Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural*, 19, 1st ed, 715 pp. ISBN 9788499654430.

- Remane, A., & Schlieper, C. (1971). *Biology of Brackish Water*: 1—372. J. Wiley & Sons, New York.
- Rieradevall, M., & Cañedo-Argüelles, M. (2018). El funcionament ecològic i el mosaic dels ecosistemes aquàtics pp. 71-92 in: Germain J, Pino J (ed.), *Els sistemes naturals del delta del Llobregat*. Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural, 19, 1st ed, 715 pp. ISBN 9788499654430.
- Rosa, S., Granadeiro, J. P., Vinagre, C., França, S., Cabral, H. N., Palmeirim, J. M. (2008). Impact of predation on the polychaete *Hediste diversicolor* in estuarine intertidal flats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78(4), 655-664.
- Roselli, L., Cañedo-Argüelles, M., Goela, P. C., Cristina, S., Rieradevall, M., D'Adamo, R., & Newton, A. (2013). Do physiography and hydrology determine the physico-chemical properties and trophic status of coastal lagoons? A comparative approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 117, 29-36.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413(6856), 591-596.
- Scheffer, M., Hosper, S. H., Meijer, M. L., Moss, B., & Jeppesen, E. (1993). Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in ecology & evolution*, 8(8), 275-279.
- Seguí, J. M., & Pérez, C. (2006). Valoració de l'interès Botànic de l'estany de Cal Tet, un hàbitat de nova creació al delta del Llobregat. *Spartina: butlletí naturalista del delta del Llobregat*, 5, 1-15.
- Valverde A. (1998). Evolución histórica, origen y significación de la pineda litoral del delta del Llobregat. I (siglos xvi-xix). *Spartina: Butlletí Naturalista del Delta del Llobregat*, 3, 63-101.
- Whitfield, A. K., Elliott, M., Basset, A., Blaber, S. J. M., & West, R. J. (2012). Paradigms in estuarine ecology—a review of the Remane diagram with a suggested revised model for estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 97, 78-90.
- Whitley, S. N., & Bollens, S. M. (2014). Fish assemblages across a vegetation gradient in a restoring tidal freshwater wetland: diets and potential for resource competition. *Environmental biology of fishes*, 97(6), 659-674.

ANEJO 1.

Listado de todas las especies encontradas en La Ricarda

https://drive.google.com/file/d/1hD_byWd_vOwmbWVjwBvQmRpOfa3jNpn/view?usp=sharing