



La revista de los
Ingenieros de Caminos,
Cañales y Puertos

3620 MAYO 2020

REVISTA DE
OBRAS PÚBLICAS

ROP

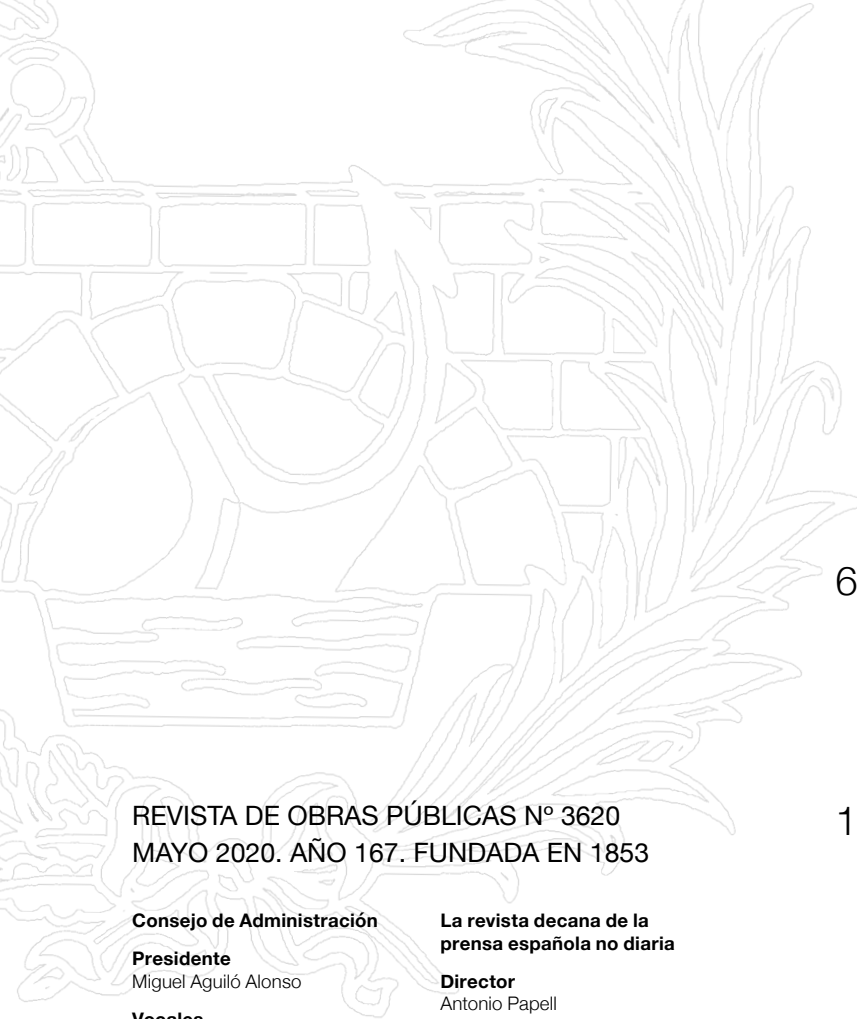
COYUNTURA

- Infraestructuras y cambio climático.
Un nuevo paradigma que deben afrontar las
empresas del sector por **Ignacio Calvo Herrera**
- Guía de buenas prácticas para la adaptación
de las carreteras al clima por **Elena de la Peña
González y Mónica López Valiente**

CIENCIA Y TÉCNICA

- El proyecto de grandes centros de operaciones
de vehículos de transporte público colectivo.
Nuevo centro de La Elipa de la EMT Madrid
- El liderazgo de los ingenieros de Caminos
en la construcción de las renovables
por **Camino Cabanillas**





REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS Nº 3620
MAYO 2020. AÑO 167. FUNDADA EN 1853

Consejo de Administración

Presidente

Miguel Aguiló Alonso

Vocales

Juan A. Santamera
José Polimón
Vicent Esteban Chapapría
Tomás Sancho
José Javier Díez Roncero
Francisco Martín Carrasco
Benjamín Suárez
José Luis Moura Berodía
M^a del Camino Blázquez Blanco

Comité Editorial

Pepa Cassinello Plaza
Vicent Esteban Chapapría
Jesús Gómez Hermoso
Conchita Lucas Serrano
Antonio Serrano Rodríguez

Edita

Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Calle Almagro 42
28010 - Madrid

**La revista decana de la
prensa española no diaria**

Director

Antonio Papell

Redactora jefe

Paula Muñoz

Diseño

Julián Ortega

Maquetación y edición

Diana Prieto

Publicidad

Almagro, 42 - 4^a Plta.
28010 Madrid
T. 913 081 988
rop@ciccp.es

Imprime

Gráficas 82

Depósito legal

M-156-1958

ISSN

0034-8619

ISSN electrónico

1695-4408

ROP en internet

<http://ropdigital.ciccp.es>

Suscripciones

[http://ropdigital.ciccp.es/
suscripcion.php](http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php)
suscripcionesrop@ciccp.es
T. 91 308 19 88

Noticias

OBITUARIO

6 ANTONIO BONET CORREA

Parte I

COYUNTURA

10 INFRAESTRUCTURAS Y
CAMBIO CLIMÁTICO. UN
NUEVO PARADIGMA QUE
DEBEN AFRONTAR LAS
EMPRESAS DEL SECTOR
IGNACIO CALVO HERRERA

18 DORMIDEROS ARTIFICIALES
PARA CORMORANES.
UNA INICIATIVA PIONERA
MUNDIAL PARA LA
SEGURIDAD AERONÁUTICA
RAFAEL ESCUTIA, XAVIER FERRER,
FERRAN NAVÀS Y CARMÉ ROSELL

24 MOVILIDAD DE FUTURO.
DEL URBANISMO TÁCTICO
A LA REVOLUCIÓN 3.0
JULIÁN SASTRE GONZÁLEZ,
JULIÁN ROMERO ADAME Y
MARÍA CUELLO LEÓN

30 INGENIERÍA CIVIL
EN MARTE
JOSÉ MANUEL PATRICIO CUENCA

Dormideros artificiales para cormoranes

RAFAEL
Escutia

Port Insigth Consulting.
Anteriormente, subdirector general de la Autoridad Portuaria de Barcelona y director de la obra de relleno del antiguo cauce del Llobregat

XAVIER
Ferrer

Doctor en Ciencias Biológicas.
Profesor titular del Departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales (BEECA) de la Universitat de Barcelona y directivo del Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBIO) de la U.B.

FERRAN
Navàs

Licenciado en Biología.
Responsable de proyectos de aeropuertos. En Minuartia

CARME
Rosell

Doctora en Ciencias Biológicas.
Directora de Minuartia, colaboradora del BEECA

Una iniciativa pionera mundial para la seguridad aeronáutica

RESUMEN

Se describe el proceso de creación de dormideros artificiales para cormorán grande durante la ampliación del puerto de Barcelona. Se diseñaron tres dormideros sustitutos del utilizado entre 1996 y 2016, que quedaría afectado por las obras. Se ubicaron estratégicamente para alejar a los cormoranes de las pistas del aeropuerto y así minimizar el riesgo de choque con aeronaves. Esta actuación es pionera a nivel mundial en prevención de choques en aeropuertos y ejemplo de coordinación de diversos organismos (puerto, universidad pública, empresa privada, reservas naturales y aeropuerto) para compaginar obra pública, conservación de la biodiversidad y seguridad aeronáutica.

PALABRAS CLAVE

Dormidero artificial, cormorán grande, puerto, Barcelona, seguridad aeronáutica

ABSTRACT

The process of creating artificial roosts for Great cormorant during the expansion of the port of Barcelona is described. The roosts were designed as substitutes to the one used between 1996 and 2016 and that would be affected by the works. They were strategically located away from the airport runways to minimize the risk of collisions with aircrafts. This action is a worldwide pioneering initiative in prevention of bird strikes at airports and an example of coordination between stakeholders (port, public university, private company, natural reserves and airport) to make public works, biodiversity conservation and airport safety compatible.

KEYWORDS

Artificial Roost, Great Cormorant, Port, Barcelona, Bird Strikes Prevention

INTRODUCCIÓN

La última gran intervención humana de transformación del delta del Llobregat se definió en 1994 con el denominado Plan Delta, que se desarrolló hasta aproximadamente 2016. Los elementos principales de dicho Plan pivotaban sobre el desvío del tramo final del río Llobregat, la ampliación del puerto de Barcelona hacia el sur y la construcción de una tercera pista (la 07R-25L) y una nueva terminal en el Aeropuerto Josep Tarradellas Barcelona-El Prat.

Este ambicioso plan comenzó a ejecutarse en 2001, al iniciarse las obras de ampliación del puerto de Barcelona y de desvío del río Llobregat. Dicho desvío permitiría expandir el puerto hacia el sur y proporcionaría, además, un espacio vital para la mejora de la intermodalidad del puerto. La superficie del que sería el antiguo cauce se destinaría a una terminal ferroviaria dedicada fundamentalmente al tráfico de origen o destino marítimo. El 15 de septiembre de 2004 se abrió el nuevo cauce del río (desembocando al mar 1,5 km más al sur que el anterior), por lo que las obras de relleno del antiguo cauce podían ejecutarse. Para ello se emplearían arenas procedentes de la excavación del nuevo cauce que se habían acopiado en terrenos del puerto.

La dirección de las obras de relleno del antiguo cauce correspondía inicialmente a la Agencia Catalana del Agua (ACA). El relleno se paralizó por decisión de la ACA por discrepancias con el Ministerio de Medio Ambiente (MMA). El retraso en su ejecución podía afectar a los futuros accesos terrestres al puerto, proyecto del Ministerio de Fomento que estaba finalizando su tramitación. Por eso, en el año 2006 la Autoridad Portuaria de Barcelona (APB) asumió la dirección de obra del relleno del antiguo cauce del río Llobregat.

Como puede esperarse de una obra de estas características, la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Plan Director del Puerto de Barcelona (del año 2000) establecía una larga lista de medidas ligadas a la ejecución del relleno y acondicionamiento del cauce. Sin embargo, entre ellas no figuraba ninguna relativa al principal dormitorio invernal de cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*) del delta del Llobregat que desaparecería con las obras. Con ello, una especie no problemática hasta el momento ni de especial interés de conservación, podría generar efectos colaterales negativos y convertirse en muy perjudicial para la actividad humana. Si los cormoranes instalaban un nuevo dormitorio próximo a las pistas del aeropuerto, incrementarían los riesgos sobre la seguridad aeronáutica por la posibilidad de choque con aeronaves.

Conocedora de la peligrosidad de estas aves en las proximidades aeroportuarias y a pesar de que la DIA no prescribía ninguna medida al respecto, la APB decidió abordar acciones para compaginar obras y seguridad aérea. Para ello contó con la colaboración del profesor Xavier Ferrer de la Universitat de Barcelona, experto en la materia y asesor de AENA, y con Minuartia, empresa especializada en gestión de conflictos con animales y también colaboradora de AENA. En 2006 se inició un proyecto conjunto con estos agentes para buscar alternativas de emplazamiento de los cormoranes a lo largo del río Llobregat.

El presente artículo trata de las acciones de obra civil diseñadas y acometidas para trasladar controladamente el dormitorio natural de cormoranes.

Los autores queremos destacar que la creación de dormitorios artificiales para cormoranes ha sido y sigue siendo una iniciativa pionera mundial en metodologías para la mejora de la seguridad frente a choques con aves en aeropuertos.

Posteriormente al inicio del proyecto, en 2007, la DIA de los nuevos accesos al Puerto por el antiguo caucesí incorporó el traslado del dormidero invernal de cormorán grande como condición a ejecutarse antes del inicio de las obras.

EL CORMORÁN GRANDE, LA ESPECIE DIANA

La población de cormorán grande en el delta del Llobregat es invernante; se presenta desde finales de setiembre hasta finales de abril, con el grueso poblacional concentrado de noviembre a febrero.

El contingente está constituido por ejemplares transpirenaicos (procedentes del Báltico, Alemania, Benelux, Francia y Suiza), por lo que su abundancia anual depende de dos factores ecológicos del centro y norte de Europa. Por un lado, las temperaturas invernales (cuanto más suaves menos cormoranes descienden a invernar a la península ibérica) y, sobre todo, el número de parejas y su éxito reproductor.

En Europa la población de cormorán grande se incrementó espectacularmente desde 1970 hasta finales de los años noventa. En ese momento se estabilizó por la adopción de actuaciones de control poblacional, y con posterioridad está descendiendo. La misma tendencia del cormorán grande se ha observado también en nuestras latitudes.

El cormorán grande es un ave de gran tamaño (2,4 kg en promedio), alta densidad corporal, comportamiento gregario y vuelo de baja maniobrabilidad y a baja altitud. Todo ello comporta que pertenezca al grupo de aves de máximo riesgo potencial para la seguridad aeronáutica en el aeropuerto (fig. 1).

LA PROBLEMÁTICA DE LOS CORMORANES EN EL DELTA DEL LLOBREGAT

Los cormoranes invernantes se alimentan durante el día dispersos por las masas acuáticas (río, mar, lagunas, canales, etc.). Principalmente comen peces, pero también grandes inverte-

brados como cangrejos de río. Al atardecer se concentran en dormideros comunales ubicados con preferencia en bosquetes de ribera (en grandes árboles que les ofrecen seguridad frente a depredadores), abandonándolos masivamente de nuevo al alba.

En el Delta ocupaban desde 1996 los eucaliptos de la antigua desembocadura del río, donde se contaron casi un millar de ejemplares en el censo de enero de 2003. Estos eucaliptos se ubicaban a 3,3 km del extremo noreste de la cabecera 25R de la pista principal del aeropuerto y a 4,3 km de la cabecera 25L de la tercera pista. A esta distancia, el dormidero natural nunca generó problemas para la seguridad aeronáutica. Esporádicamente, en algunos inviernos unos pocos cormoranes ocuparon parte de los eucaliptos del vecino humedal de la Ricarda (a 0,8 km de la cabecera 25L). Además, en 2007 empezaron a utilizar también chopos periféricos de la laguna del Remolar, a tan solo 0,3 km de la cabecera 07R de la tercera pista. La proximidad de estos dos dormideros a las pistas, incrementaba claramente el riesgo de choque con aeronaves, y desde el aeropuerto mediante actuaciones no lesivas se desalojaron a los ejemplares que intentaban establecerse para evitar la fijación y el crecimiento de estos dormideros.

DESARROLLO DE LA ACTUACIÓN

Las actuaciones para trasladar controladamente el dormidero de cormorán grande del antiguo cauce del río Llobregat a otros emplazamientos del Delta, fueron ejecutadas con dos objetivos principales:

1. Mantener la población invernante de cormorán grande en el delta del Llobregat.
2. Evitar la creación de nuevos dormideros en sectores próximos a las pistas del aeropuerto.



Fig. 1_ Cormoranes grandes descansando en un árbol seco en el cauce bajo del río Llobregat.
Autor: Ferran Navàs, Minuartia

Una exhaustiva revisión bibliográfica y estudio de otros casos previos, permitió establecer los condicionantes generales para un dormitorio óptimo de cormorán grande, que se sintetizan en:

- Proximidad del dormitorio a las fuentes de alimentación.
- Proximidad del dormitorio al agua.
- Seguridad frente a los depredadores (rodeado por agua o en árboles altos).
- Tranquilidad frente a molestias por visitas humanas o animales domésticos.
- Otros factores como la historia del dormitorio, el número de cormoranes (atracción social), la dirección e intensidad del viento, etc.

Con estas características se buscaron potenciales dormitorios naturales a lo largo del río Llobregat identificándose un emplazamiento óptimo a pocos kilómetros hacia el interior, en los humedales de Molins de Rei, que reunía condiciones apropiadas excepto una; contenía pocos árboles que los cormoranes pudieran utilizar como dormitorio. Este inconveniente era grave ya que la creación de un bosque tardaría unos cuantos años en materializarse y daría lugar a una demora inaceptable en los planes de desarrollo del puerto. Sin embargo, la circunstancia previamente constatada de que los cormoranes utilizan árboles muertos (muchos inicialmente vivos que acaban matando con sus excrementos) abría una posible vía de solución: ¿sería posible diseñar árboles artificiales para suplir la carencia de árboles naturales que permitiera crear un dormitorio en un plazo razonablemente corto?

Por ello, el equipo técnico optó por una solución innovadora: diseñar estructuras artificiales para adecuar nuevos dormitorios alternativos en zonas óptimas y alejadas de las cabeceras de pista. En 2006, incluso antes de

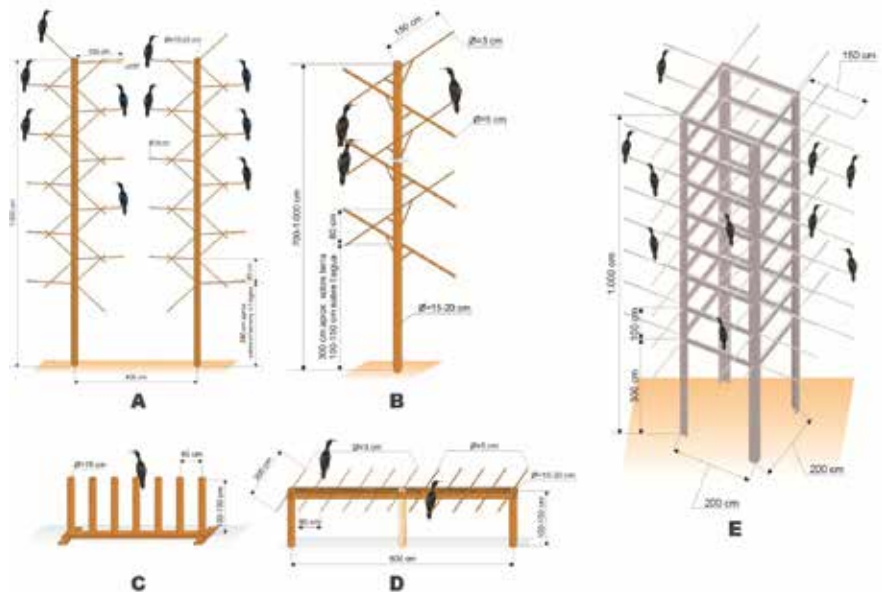


Fig. 2_ Modelos de los dormitorios experimentales diseñados por el equipo técnico de Minuartia, y construidos en las instalaciones del puerto de Barcelona. El modelo A fue el preferido por los cormoranes y seleccionado para posteriores instalaciones. Autor: Minuartia

la publicación de la DIA, se instalaron varios tipos de estructuras artificiales diseñadas expresamente por Minuartia para atraer a los cormoranes. Este ensayo se realizó junto al dormitorio del antiguo cauce del Llobregat, en el que además durante el proceso de relleno del cauce se mantuvo la presencia de una laguna (para garantizar disponibilidad de agua y alimento) y se limitó el acceso de personas y maquinaria.

Se diseñaron estructuras de cinco tipologías diferentes (ver figura 1): que garantizaran seguridad a los cormoranes; todas ellas con capacidad para acoger a gran número de ejemplares; y que propiciaran posaderos fáciles por la torpeza en el vuelo de los cormoranes. Se instalaron un total de 22 estructuras, cinco ubicadas junto a los eucaliptos del dormitorio, una en el margen de la laguna y 16 dentro de la laguna. Las estructuras fueron construidas con distintos materiales y grosores para seleccionar los preferidos por los cormoranes. Finalmente, se colocaron en las estructuras cimbeles en plástico, es decir, réplicas exactas de cormoranes con su mismo tamaño y aspecto, simulando ejemplares posado que atraerían a otros ejemplares que sobrevolaran la zona.

El monitoreo posterior debía aclarar si las estructuras resultarían atractivas a las aves y en todo caso, identificar qué diseño era el más exitoso. Con este objetivo se llevó a cabo el seguimiento del uso de las estructuras entre octubre de 2006 y abril de 2007, contando el número de ejemplares posados durante el ocaso. En los 27 censos vespertinos realizados se registraron las características de la estructura utilizada por cada ejemplar (tipo y ubicación con respecto al agua), así como del posadero concreto (altura sobre el suelo, material y grosor). Además, se registraba la edad de los ejemplares y si pernoctaban o sólo utilizaban las estructuras para descansar durante la tarde. Se anotaban las mismas variables para los ejemplares posados en los eucaliptos.

RESULTADOS OBTENIDOS

El análisis de los datos obtenidos mediante el seguimiento del primer año y los posteriores que siguieron aplicando los mismos procedimientos, permitió establecer con rotundidad el tipo de estructuras referidas por los cormoranes como dormitorio. Los 'árboles artificiales': grandes mástiles de 10 m de altura con numerosos travesaños horizontales a distintos niveles simulando ramas (figura 2, modelo A), fueron las

estructuras mayoritariamente seleccionadas, con notable diferencia respecto al resto de modelos ensayados. También se constató la preferencia como posadero de las 'ramas' de madera y de 3 cm de grosor, frente a las metálicas o a las de 5 cm de grosor. Estas características son las más similares a las de los posaderos naturales: según los resultados del seguimiento en los eucaliptos los cormoranes seleccionaban las ramas de árboles con un grosor medio de 2,3 cm.

Otro notorio resultado fue la constatación de que el uso de las estructuras aumentaba con el paso del tiempo, probablemente debido a que los cormoranes requirieron habituarse a los nuevos elementos. En el primer año se registró una baja ocupación de las estructuras (media de un 2 % de cormoranes del contingente del dormitorio del antiguo cauce); a partir del segundo se alcanzaron ocupaciones muy superiores (media de un 35 %) y su uso subió notablemente en años posteriores.

Una vez conocida con precisión el tipo de estructuras preferidas por los cormoranes, en los años siguientes se habilitaron otros tres emplazamientos como dormitorios invernales: los humedales de Molins de Rei, el espigón del margen derecho de la actual desembocadura y la isla del Molí (en el río, próxima a la desembocadura). El resultado es plenamente satisfactorio y el uso de los dos últimos dormitorios, ambos de nueva creación, se ha consolidado por completo siendo actualmente ocupados con ejemplares de todas las clases de edad.

En 2016 el dormitorio del antiguo cauce del río Llobregat fue definitivamente desmantelado, con la tala de los eucaliptos. El seguimiento posterior ha permitido constatar que se han cumplido los dos objetivos planteados: la población invernal de cormorán grande se mantiene en el delta del Llobregat y sus ejemplares utilizan los

dormitorios alternativos sin generar riesgos para la seguridad aeronáutica en el aeropuerto.

POTENCIALES APLICACIONES

Este proyecto ha permitido desarrollar una metodología transferible a otras zonas de estudio, que permite que los cormoranes se desplacen de sus dormitorios naturales a otros artificiales alternativos, ubicados en lugares donde su presencia conlleve menores conflictos y, en su caso, reduzca riesgos para las actividades aeronáuticas.

En el caso del puerto de Barcelona, la gestión mediante dispersión de los ejemplares que intentaban ocupar otras ubicaciones, próximas a las cabezeras de pista del aeropuerto, ha facilitado la deseada concentración de los cormoranes en los dormitorios alternativos.

El proyecto también ha permitido extraer conclusiones interesantes para futuras experiencias:

1. La creación de dormitorios artificiales de cormorán grande en lugares sin riesgo para la seguridad aeronáutica ha sido una iniciativa pionera mundial que ha resultado exitosa. El modelo de experimentación de soluciones basadas en el diseño y ensayo de elementos atractivos para la fauna hacia zonas no conflictivas podría extenderse a casuísticas con otras especies generadoras de conflictos con aeronaves, infraestructuras u otras actividades.

2. Un aspecto fundamental para el éxito de la experiencia fue la actuación de responsabilidad cívica y de coordinación de diversos organismos (gestores de infraestructuras, universidad, empresa y gestores de espacios naturales) para compatibilizar obra pública, conservación del patrimonio natural y seguridad aeronáutica.

Para dar a conocer la experiencia y promover el desarrollo de experiencias similares, el Puerto de Barcelona ha editado un vídeo divulgativo, accesible en su cuenta de YouTube: <https://www.youtube.com/user/PortdeBarcelona/videos>.



Fig. 3_ Cormoranes sobre el dormitorio de la desembocadura actual del río Llobregat en un atardecer de 2012. Autor: Albert Burgas, Minuartia

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer el impulso inicial en el proyecto por parte de la Autoridad Portuaria de Barcelona, así como el continuado apoyo del actual equipo de su Subdirección de Infraestructuras, en particular Ramon Griell y Miguel Ángel Pindado (responsables de las actuaciones ejecutadas y el seguimiento desde 2008), y la autorización en la difusión de los datos aquí presentados. También la participación de los técnicos participantes en el seguimiento: Daniel Burgas (en la fase inicial y el diseño de modelos experimentales de estructuras), Albert Burgas, Albert Cama, Xavi Laruy y Sergi Sales. Ha sido clave para el desarrollo de la actuación la buena predisposición de los gestores de; los espacios naturales del delta del Llobregat (Xavier Santaefèmia), el Departamento de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya (Ricard Gutiérrez) y el ayuntamiento de Molins de Rei (Jordi Boltà). Finalmente los autores agradecen la colaboración del Aeropuerto Josep Tarradellas Barcelona-El Prat, en especial de Juanjo Hita, Noelia Bravo, Montse Molina y el Servicio de Control de Fauna de dicho aeropuerto. 📍

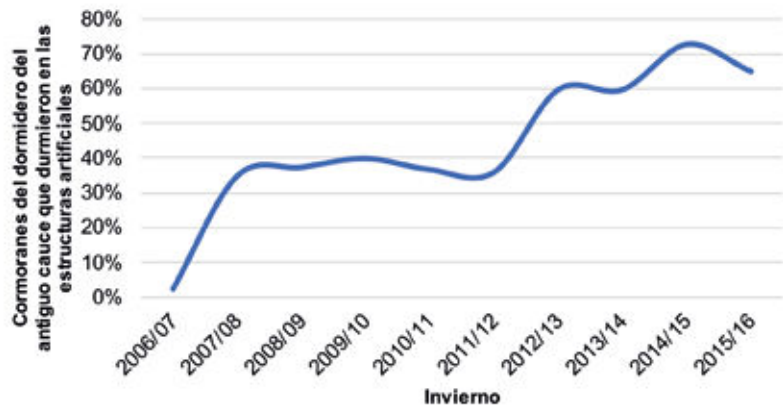


Fig. 4_ Parte de las estructuras instaladas en 2006 en el antiguo cauce del Llobregat. Los eucaliptos del fondo constituían el dormitorio natural de los cormoranes. Autor: Ferran Navàs, Minuartia

Fig. 5_ Los cormoranes del dormidero que de media utilizaron las estructuras evolucionó desde un 2 % en el primer invierno de seguimiento, un 35 % en el segundo, hasta un máximo del 73 % en el invierno de 2014/15. Autor: Minuartia

Fig. 6_ Delta del Llobregat, con la ubicación del aeropuerto y los dormitorios naturales y artificiales de cormorán grande entre 2006 y 2016. Base: Google Earth

