

Análisis de resultados

Entregable 2.1 Obtención de una base de datos apta para el análisis

Ana Juan Licián

Rosa Martínez Álvarez – Castellanos

Juan Carlos Sanz González

Índice

1. Antecedentes	3
2. Objetivos.....	4
3. Metodología.....	5
4. Estudio y comprensión de los datos	6
4.1. Recopilación de datos.....	6
4.1.1. Datos capturas.....	6
4.1.2. Datos instalaciones	7
4.1.3. Datos oceanográficos.....	8
4.2. Descripción de los datos	9
4.2.1. Datos capturas.....	9
4.2.2. Datos instalaciones	11
4.2.3. Datos oceanográficos.....	12
4.3. Exploración de los datos	13
4.3.1. Preparación de los datos	13
4.3.2. Correlación.....	14
4.3.3. Causalidad	17
5. Conclusiones.....	19
6. Líneas de trabajo futuras.....	20

1. Antecedentes

Uno de los principales problemas de la acuicultura *offshore* desarrollada en jaulas o viveros flotantes son los escapes de peces. Esta pérdida de biomasa de los viveros puede derivar de la merma de integridad de sus infraestructuras, fallos en los sistemas de fondeo o roturas de la red de cultivo, con frecuencia bajo el efecto de temporales o cazadores furtivos¹.

La ocurrencia de estos fenómenos medioambientales se da cada vez con mayor frecuencia debido al **cambio climático**, surgiendo la necesidad de disponer de modelos matemáticos predictivos que adelanten información sobre la ciclicidad de los temporales y que los pronostiquen con mayor anticipación de manera que apoyen la toma de decisiones por parte de las empresas y de las administraciones públicas.

En el Mediterráneo, se producen escapes de diferentes especies como la dorada (*Sparus aurata*), lubina (*Dicentrarchus labrax*) o corvina (*Argyrosomus regius*). Sus repercusiones desde el punto de vista económico implican pérdidas por merma directa de biomasa cuya cuantía depende de la magnitud de los escapes².

Desde el punto de vista medioambiental, los escapes se convierten en un elemento más del ecosistema marino pudiendo generar competencia con otras especies locales e incluso interacción genética de la fauna salvaje³.

Sin embargo, estos escapes no solo afectan a la actividad acuícola y al medio ambiente. En el transcurso del proyecto GLORIA⁴, se demostró que existe una correlación entre **escapes de peces** y las **capturas de pescadores** en las zonas cercanas a las instalaciones de acuicultura después de temporales¹.

Siguiendo estos resultados, en presente trabajo se va a profundizar en el desarrollo de herramientas predictivas que permitan establecer umbrales de las condiciones ambientales que causan los escapes y así ayudar a prevenir futuros desastres en las instalaciones *offshore*, las cuales son cada vez más recurrentes debido al cambio climático global.

¹ Informe Final y Modelos GLORIA, 2021. Resultados 3.1 y 3.3 de la Acción 3: Modelización de la frecuencia, magnitud y causas de los escapes.

² P. Arechavala-Lopez, K. Toledo-Guedes, D. Izquierdo-Gomez, T. Šegvić-Bubić & P. Sanchez-Jerez (2018) Implications of Sea Bream and Sea Bass Escapes for Sustainable Aquaculture Management: A Review of Interactions, Risks and Consequences, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26:2, 214-234, DOI: 10.1080/23308249.2017.1384789

³ Memoria de sostenibilidad 2021. Acuicultura de España V1.02.07.21.

⁴ GLORIA: GLObal change Resilience in Aquaculture (2021). Fundación Biodiversidad <https://fundacion-biodiversidad.es/es/content/gloria-global-change-resilience-aquaculture>

2. Objetivos

En base a los antecedentes descritos anteriormente, el principal objetivo del presente estudio es realizar una mejora del modelo predictivo del proyecto GLORIA mediante el análisis de series temporales.

Para ello, se plantean las siguientes tareas:

1. Evaluación inicial de los datos accesibles en bases de datos estructuradas para adaptarla a los análisis que se van a realizar.
2. Análisis descriptivo del conjunto de datos recolectados.
3. Análisis predictivo de series temporales basadas en el histórico de datos para la elaboración de modelos analíticos, capaces de predecir las variables ambientales.

El presente informe recoge los resultados obtenidos de la primera tarea (1), centrada en evaluar la calidad de los datos cedidos con número de capturas de pesca para testear, al menos, 1 algoritmo de correlación y causalidad entre escapes de peces y variables dependientes.

3. Metodología

La metodología en la que se basa todo el trabajo desarrollado durante este proyecto es CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining). Una metodología enfocada a la minería de datos y que permite la extracción de conocimiento a partir de los datos disponibles.

Para ello, se han descrito unos objetivos que se mostrarán a continuación y en este primer informe se presentará el primero de ellos.

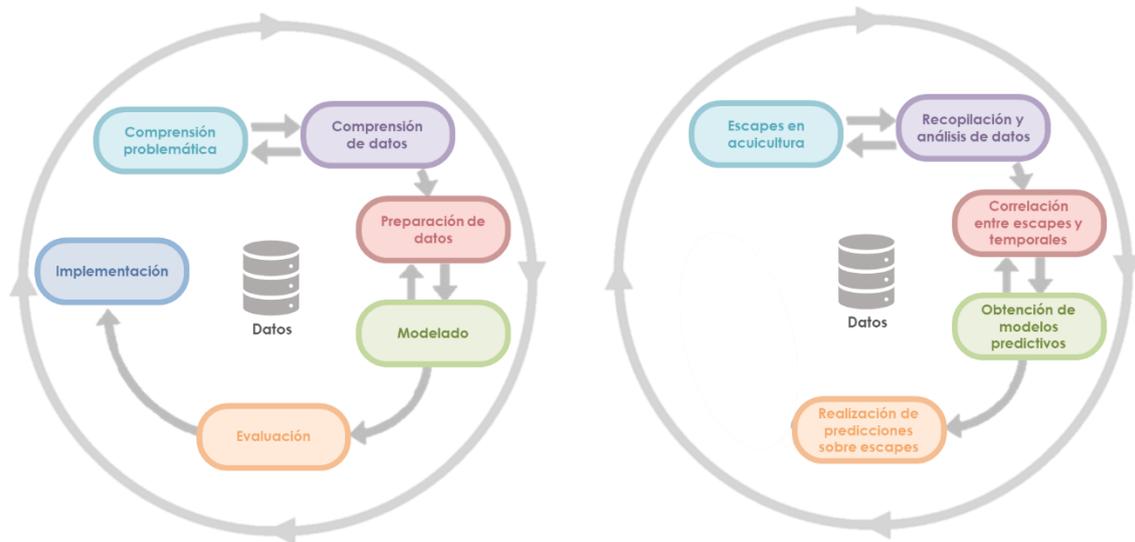


Figura 1. Metodología CRISP-DM aplicada al proyecto GLORIA 2

Como ya hemos comentado, en este caso únicamente nos centramos en la comprensión de la problemática y la comprensión y preparación de los datos para el posterior modelado. Así, tal y como se muestra en la figura de la derecha, estos tres puntos se traducen en:

- Comprender de dónde surge la problemática (Apartado 1 del presente informe) y qué se propone para abordarla (apartado 2: objetivos).
- Recopilación y análisis previo de los datos que nos permite comprenderlos.
- Extraer conclusiones sobre las posibles relaciones entre los datos. En este caso, entre los escapes que se producen y los fenómenos meteorológicos extremos.

Los siguientes apartados abordan en detalle cada uno de estos puntos.

4. Estudio y comprensión de los datos

4.1. Recopilación de datos

4.1.1. Datos capturas

Los datos de capturas hacen referencia al volumen de pesca extractiva que llega a las lonjas o cofradías para su posterior venta. En este caso, los datos de capturas de los que disponemos tienen su origen en la costa levantina: Comunidad Valenciana y Región de Murcia. Estos datos, proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), corresponden a las capturas realizadas desde el año 2004 a 2021, para las especies de Corvina, Dorada y Lubina.

Concretamente, las variables que componen estos datos son:

- Especie
- Fecha de venta
- Puerto de venta
- Comunidad autónoma de venta
- Volumen capturas (en kg)

A modo de resumen, los datos de capturas de los que disponemos se reflejan en la siguiente tabla:

Datos	Región de Murcia	Comunidad Valenciana
Nº puertos de venta	5	20
Capturas total [t]	3129.26	8595.52
Nº días de capturas (C D L) ⁵	883 4966 4912	4175 4385 4312
Máxima captura en un día [kg] (C D L)	935 27340 10104	83908 47609 26030

Tabla 1. Resumen datos de capturas en la Región de Murcia y Comunidad Valenciana.

Por lo que, teniendo en cuenta que el periodo de 17 años entre 2004 y 2021 cuenta con un total de 6205 días, se puede comprobar que no todos los días han habido capturas.

⁵ (Corvina, Dorada, Lubina)

4.1.2. Datos instalaciones

Para poder establecer una relación clara entre los escapes masivos producidos por las situaciones meteorológicas extremas es necesario conocer las posiciones de las instalaciones acuícolas para poder establecer relaciones con las condiciones meteorológicas de la zona. De este modo, en la siguiente tabla se presentan las instalaciones más significativas con respecto a los puertos de desembarco de las capturas, junto a su ubicación y especies cultivadas en cada una de ellas (dorada, lubina y corvina).

Instalaciones	Localidad	Especies cultivadas
Culmarex	Águilas	Dorada y lubina
Gorguel	Cartagena	Dorada y lubina
Gorguel (Lebeche)	Cartagena	Lubina
Gorguel A	Cartagena	Corvina, dorada y lubina
GM Punta Algas	San Pedro del Pinatar	Dorada y lubina
Lebeche San Pedro 2	San Pedro del Pinatar	Lubina
GM San Pedro	San Pedro del Pinatar	Lubina
GM Parcela A	San Pedro del Pinatar	Dorada y lubina
Lebeche San Pedro 3 Parcela B	San Pedro del Pinatar	Lubina
Lebeche San Pedro 1 Parcela C	San Pedro del Pinatar	Dorada y lubina
Pisc. Albadalejo	San Pedro del Pinatar	Dorada, lubina
Gramabasa 2 nº 13-30	Guardamar	Dorada y lubina
Guardamar 1-2	Guardamar	Dorada y lubina
Campello	Campello	Dorada, lubina
Vila Joiosa	Vila Joiosa	Dorada, lubina, corvina
Basademar	Altea	Dorada y lubina
Calpe	Calpe	Dorada, lubina, corvina
Bersolaz	Sagunto	Dorada
Nules nº 25-42	Nules	Dorada, lubina y corvina
Burriana	Burriana	Dorada, lubina, corvina

Tabla 2. Distribución de las instalaciones de acuicultura más significativas cercanas a la zona de estudio.

4.1.3. Datos oceanográficos

Los datos oceanográficos recopilados para establecer una relación entre temporales y escapes en las jaulas de acuicultura han sido recopilados en el entorno a las instalaciones de la costa levantina. Estos datos proceden de las mediciones de las boyas oceanográficas de Puertos del Estado (Gobierno de España), así como también de los puntos satelitales (SIMAR). De este modo, se han escogido aquellos puntos que se encuentran más próximas a las instalaciones (Tabla 2) con la ayuda de Acuivisor (MAPAMA)⁶.

Los parámetros que se han obtenido se corresponden con:

- Altura de ola
- Velocidad del viento
- Período de pico de ola
- Altura de mar de fondo
- Temperatura
- Salinidad

Cabe destacar que, si bien se han tenido en cuenta los datos procedentes de las boyas y los puntos SIMAR, dado que el periodo de análisis es de 2004 a 2021, solamente los puntos SIMAR y las boyas de la costa de Valencia y Cabo de Palos cumplen este requisito. Por lo tanto, durante este estudio, se ha trabajado únicamente con los puntos SIMAR (por cercanía a las jaulas y por cumplir con el rango temporal).

En concreto, los puntos SIMAR se corresponden a:

- Región de Murcia: San Pedro del Pinatar, Cartagena y Águilas
- Comunidad Valenciana: Alicante, Burriana, Guardamar, Xilxes, Altea, Villajoyosa y El Campello.

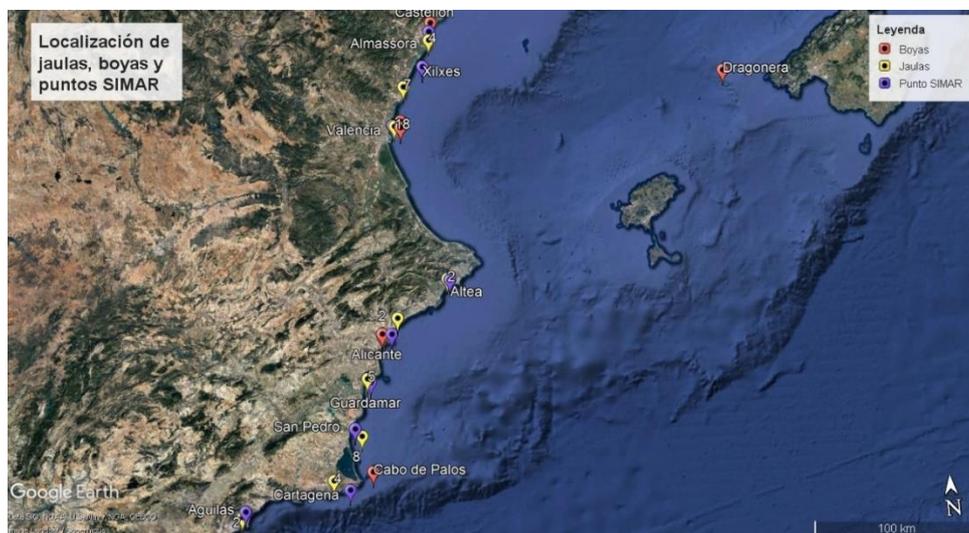


Figura 1. Distribución espacial de las jaulas de acuicultura, boyas oceanográficas y puntos SIMAR de cada comunidad. Como indica la leyenda, en rojo boyas, en amarillo jaulas y el azul los puntos SIMAR.

⁶ Visor de Acuicultura: <https://servicio.pesca.mapama.es/acuivisor/>

4.2. Descripción de los datos

4.2.1. Datos capturas

El balance de número de capturas entre comunidades autónomas es evidente si atendemos a lo especificado en la Tabla 1. Lo cual, tiene sentido dado el número de puertos de venta o cofradías de las que disponemos datos, que se encuentran en cada comunidad (5 en la Región de Murcia y 20 en la Comunidad Valenciana).

Ahondado más en los datos sobre capturas, podemos comprobar como el número de capturas suele mantenerse constante a lo largo de los años, rondando las 600 toneladas por año considerando ambas comunidades. Sin embargo, podemos comprobar cómo este número se dispara en 2020, tal y como se aprecia en la Figura 2. Este aumento, parece ser derivado de los temporales extremos sucedidos (DANA y Gloria).

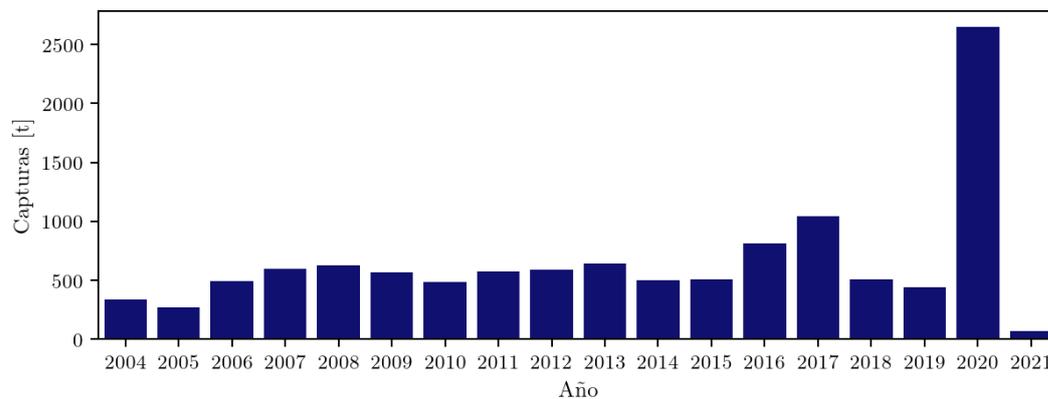


Figura 2. Capturas por año para la Región de Murcia y Comunidad Valenciana

Diferenciando por especie, se observa que la especie que más se captura es la dorada, seguida de lubina y, finalmente, la corvina. Sin embargo, tal y como muestra la Figura 3, la corvina es la especie con mayor número de capturas en el año 2020, con más de 1T de capturas. Asimismo, el número de capturas de la lubina también sufre un aumento durante ese mismo año.

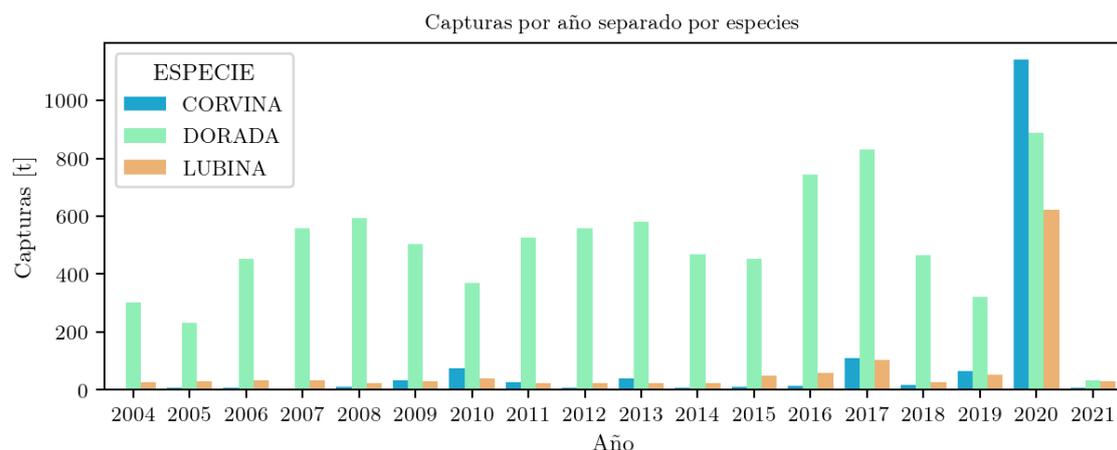


Figura 3. Capturas totales por año y especie para la Región de Murcia y Comunidad Valenciana.

Con todo, el conjunto de datos del que se dispone, correspondiente a la distribución de capturas por año de cada puerto de venta, se muestra en la siguiente figura. En ella, se muestra, además, aquellos eventos meteorológicos extremos que han ocurrido entre los años 2004 y 2021.

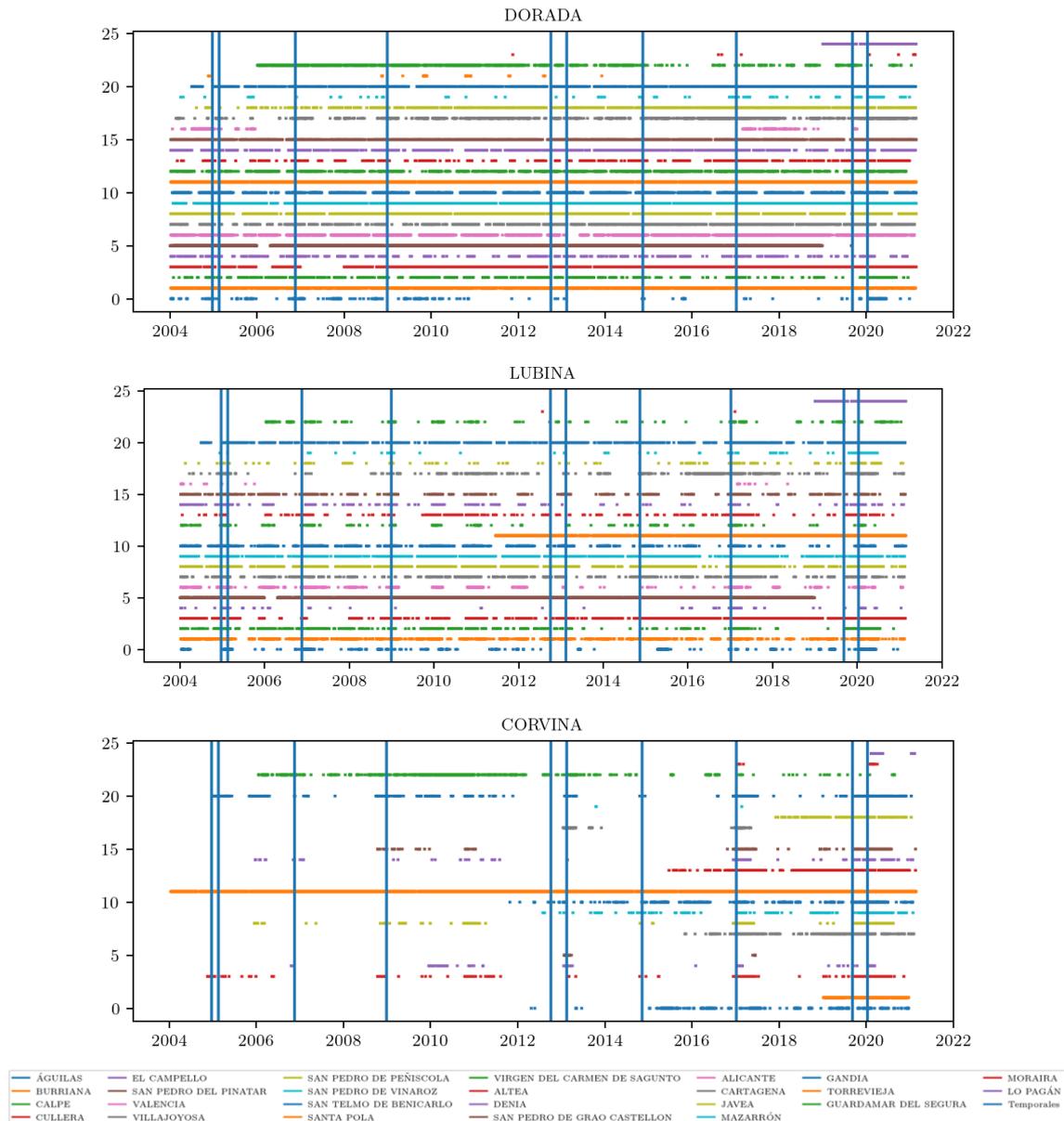


Figura 4. Datos de capturas durante los 17 años para cada una de las especies. Líneas horizontales: puerto de venta; líneas verticales eventos meteorológicos adversos.

Tal y como se ha comprobado en las figuras anteriores, la dorada es la especie de la que más capturas se realizan, o al menos, se dispone de un mayor volumen de datos a lo largo de todos los años. Seguidamente se encuentra la lubina y, por último la corvina. Asimismo, las líneas verticales en las gráficas reflejan los eventos meteorológicos adversos que mayor impacto han tenido a lo largo de los 17 años, reflejando así, aquellos puertos en los que se podría establecer una relación más directa con respecto a las especies, capturas y temporales adversos.

4.2.3. Datos oceanográficos

Con respecto a los datos oceanográficos, como se ha comentado en el apartado de recopilación, se dispone de los datos diarios a lo largo de los 17 años (2004 – 2021) de altura de ola, mar de fondo, velocidad del viento y periodo de pico de ola, procedentes de los datos SIMAR de cada una de las estaciones mencionadas. La distribución temporal de estos parámetros se refleja en las gráficas de a continuación, donde en líneas discontinuas se marcan los temporales de mayor impacto que han tenido lugar.

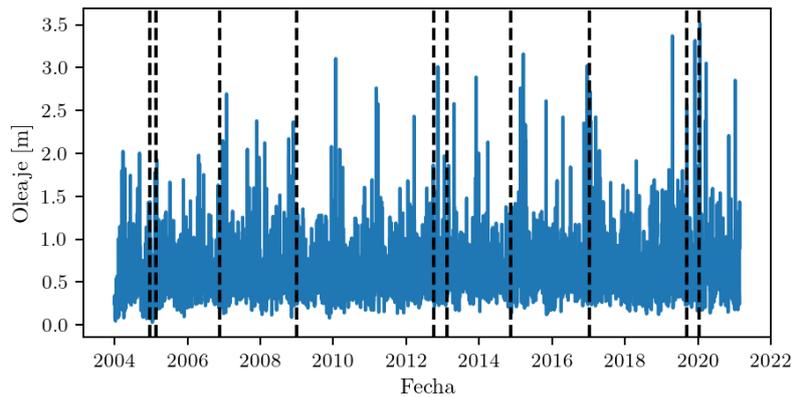


Figura 7. Distribución anual de la altura del oleaje (m) para el punto SIMAR de Santa Pola

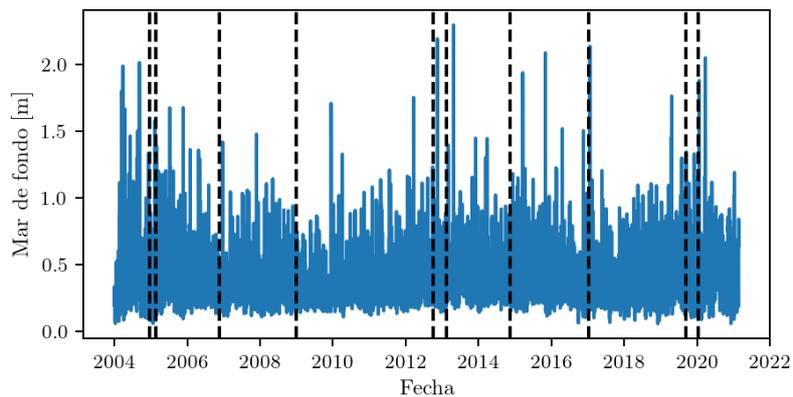


Figura 8. Distribución anual del mar de fondo para el punto SIMAR de Santa Pola

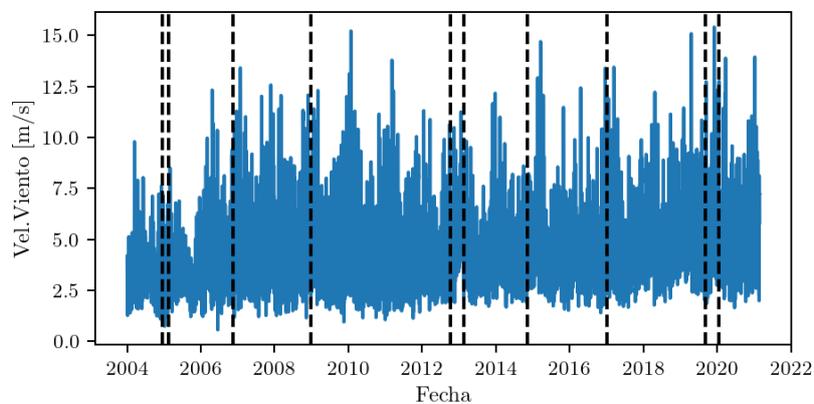


Figura 9. Distribución anual de la velocidad del viento para el punto SIMAR de Santa Pola.

4.3. Exploración de los datos

4.3.1. Preparación de los datos

Una vez realizado el análisis descriptivo del conjunto de datos de manera individual, es importante remarcar cómo se han preparado los datos para trabajar con ellos conjuntamente.

Por un lado, se dispone de un conjunto de datos con el volumen de capturas por cada puerto de venta entre la Comunidad Valenciana y la Región de Murcia a lo largo de los años 2004 y 2021. Por otro lado, se han obtenido datos oceanográficos de altura de ola, velocidad de viento y mar de fondo procedentes de los puntos SIMAR más cercanos a las instalaciones acuícolas de cada comunidad (que a su vez, se encuentran más próximas a los puertos de venta), para el periodo de 17 años considerado.

Sin embargo, tal y como se ha podido comprobar en el apartado anterior, aunque se dispone de un conjunto de datos oceanográficos completo del periodo de análisis, a excepción de 40 días en media de todos los puntos SIMAR; el conjunto de datos de capturas del puerto no se distribuye diariamente durante este periodo.

Por lo tanto, para conformar el conjunto de datos con el que se va a trabajar se ha realizado una interpolación sobre los datos oceanográficos, de forma que se disponga del total de datos diarios, que ha sido combinado con los datos de capturas. Remarcando que se ha considerado un volumen de capturas igual a 0 en aquellos días en los que no se disponga de datos de capturas.

4.3.2. Correlación

La correlación es la técnica estadística que permite obtener la relación existente entre los datos oceanográficos y los valores de capturas. Se han establecido 2 metodologías diferentes para la implementación de la correlación entre los datos oceanográficos y los valores de capturas: 1) Correlación uno a uno y 2) correlación enventanada.

- **Correlación uno a uno**

Se determina correlación uno a uno a aquella que se obtiene entre cada uno de los puntos SIMAR con las instalaciones acuícolas que se encuentran más cercanas entre sí (en base a la Figura 6), además, esta correlación se realiza entre los pares de días en los que se tiene tanto valores de captura como valores oceanográficos. En la siguiente tabla se representan los resultados más significativos obtenidos para cada uno de los puntos y cada una de las especies:

Punto SIMAR	Especie	Correlación		
		Vel.Viento	Oleaje	Mar de fondo
Águilas	Dorada	0.012	0.051	0.093
	Lubina	-0.026	0.061	0.096
	Corvina	0.016	0.069	0.046
Cartagena	Dorada	0.023	0.016	-0.009
	Lubina	-0.055	-0.053	-0.045
	Corvina	0.129	0.167	0.175
Burriana	Dorada	0.016	0.051	0.076
	Lubina	0.031	0.034	0.018
	Corvina	0.043	0.063	0.052
Cullera	Dorada	0.089	0.066	0.031
	Lubina	-0.058	-0.012	-0.002
	Corvina	0.017	0.085	0.080
El Campello	Dorada	0.082	-0.011	-0.026
	Lubina	0.032	0.071	0.030
	Corvina	0.049	0.092	0.046
San Pedro del Pinatar	Dorada	-0.012	0.004	0.011
	Lubina	-0.019	-0.022	-0.013
	Corvina	0.102	-0.199	-0.201
Valencia	Dorada	0.012	0.031	0.005
	Lubina	-0.012	-0.021	0.095
	Corvina	-0.017	-0.069	0.073
Villa Joyosa	Dorada	0.030	0.025	0.095
	Lubina	-0.012	-0.052	0.063
	Corvina	0.036	-0.041	0.062
Santa Pola	Dorada	0.056	0.034	0.022
	Lubina	-0.05	-0.001	0.011
	Corvina	0.019	-0.033	-0.033

Tabla 3. Resultados de la correlación uno a uno entre la altura de la ola [m] y el volumen de captura en cada uno de los puertos de venta.

En vista a los resultados obtenidos no se puede extraer una evidencia clara que relacione los parámetros de interés. Sin embargo, si se analiza pormenorizadamente esta aproximación, no resulta de gran impacto pues el hecho de que ocurra un temporal en una fecha determinada no es lógico que se refleja en la captura realizada ese mismo día, sino más bien, en los días posteriores.

• **Correlación mediante ventanas temporales**

En esta ocasión, la aproximación a la correlación se ha realizado en base a ventanas temporales de 7, 14, 20 y 30 días. La metodología llevada a cabo consiste en:

- Se parte del conjunto de datos equiespaciado diariamente en el rango temporal desde 2004 hasta 2021.
- Se considera una ventana temporal de 7 días ($\tau = 7$) para los datos de oleaje y capturas.
- Se realiza la correlación de Spearman fijando los datos de oleaje ($\tau = 7$) y realizando una correlación móvil con los datos de capturas día tras día, hasta llegar a una correlación a 4 meses vista (120 días, aproximadamente).
- Cuando se alcanza el límite de 4 meses, se realiza el mismo proceso con la salvedad de que en esta ocasión, el conjunto de datos de oleaje que se correla comienza en $\tau + 1$.

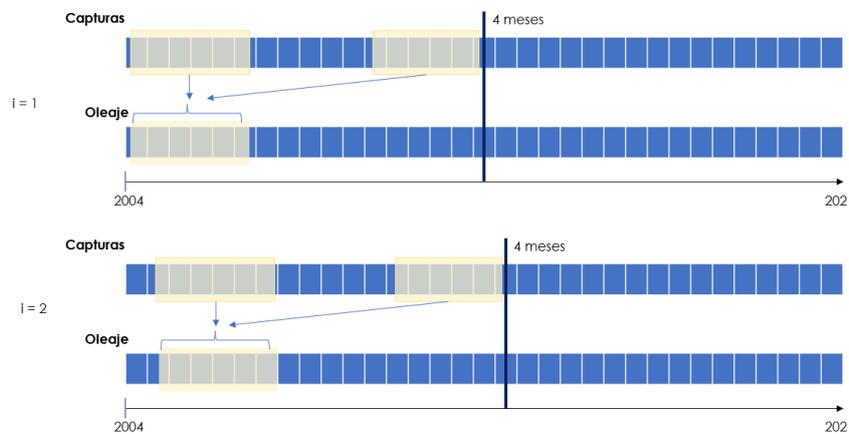


Figura 10. Metodología llevada a cabo para la correlación enventanada.

Los resultados se corresponden a la implementación de la correlación enventanada para un valor de ventana de 7 días en el periodo de junio 2019 a junio 2020, considerando un año desde junio de 2019. Los datos representados corresponden a aquellos valores que superan 0.8.

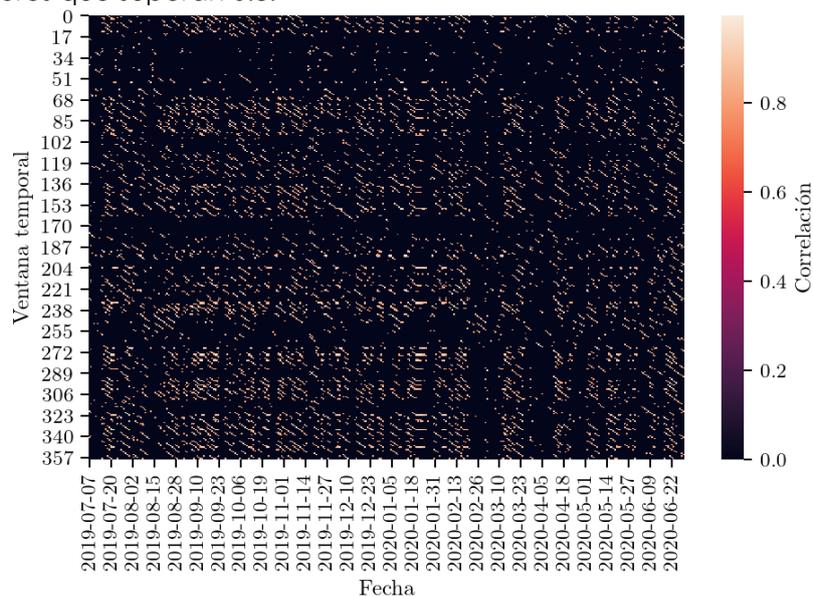


Figura 11. Correlación enventanada con $\tau = 7$ para el puerto de venta de Santa Pola

Si atendemos a la Figura 12, donde se observa de forma pormenorizada la correlación durante el mes de julio hasta septiembre de 2019, justo cuando tiene lugar el temporal GLORIA, se puede identificar de la misma forma la periodicidad mencionada. Por lo que, aunque no se puede establecer una relación clara entre ambas variables, parece probable que el temporal GLORIA tuvo un impacto en las capturas del puerto de Santa Pola durante 2 meses.

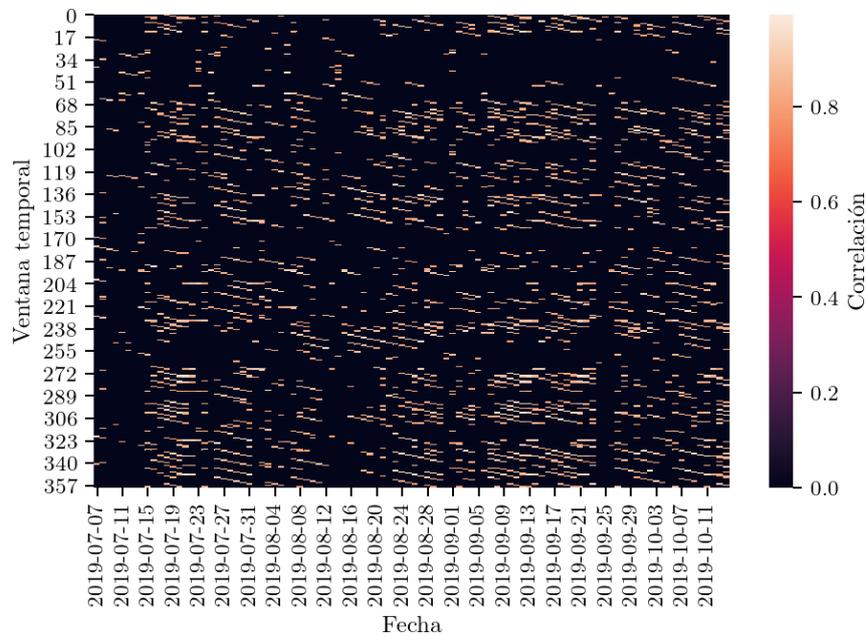


Figura 12. Correlación enventanada con $\tau = 7$ para el puerto de venta de Santa Pola durante el mes de julio a septiembre

4.3.3. Causalidad

El método de inferencia causal PCMCI⁸ se basa en el concepto de independencia condicional para estimar la fuerza y direccionalidad de relaciones causales entre series temporales multivariadas altamente interdependientes. El algoritmo PCMCI trata de hallar los padres causales de las diferentes series temporales con diferentes retrasos de tiempo (aquí simbolizados según τ).

En este caso, se ha aplicado el método de PCMCI mediante dos aproximaciones: la primera de ellas únicamente se ha considerado la variable de oleaje del punto más cercano a la instalación de Santa Pola (Guardamar), junto con las capturas del puerto de Santa Pola. La segunda de ellas se ha realizado teniendo en cuenta los puntos que se encuentran dentro del radio de 25 millas de la instalación de Santa Pola – Guardamar, San Pedro y Alicante- (tal y como se observa en la Figura 5).

- **Causalidad entre el puerto de venta de Santa Pola y punto SIMAR de Guardamar.**

El máximo retardo temporal que se ha considerado para la aplicación del método de PCMCI es de 20 días. La primera de las gráficas muestra el valor de inferencia causal que tiene la variable de oleaje sobre las capturas del puerto de venta de Santa Pola; mientras que la segunda de ellas reflejaría la causalidad entre las capturas y el parámetro de oleaje.

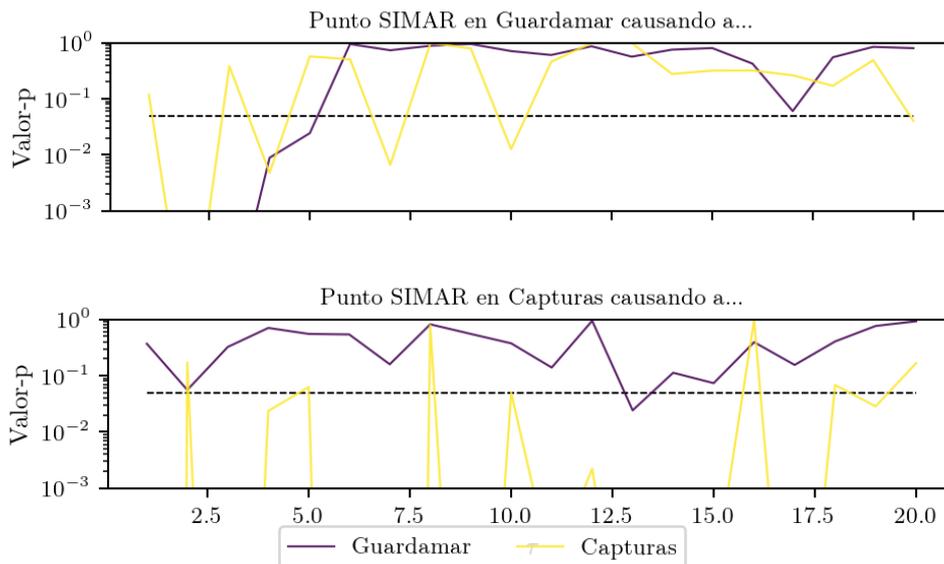


Figura 13. Causalidad según PCMCI; la línea discontinua refleja el nivel de significancia de 0.05

Tal y como se aprecia en la primera gráfica, la altura de la ola tiene influencia sobre las capturas en varias ocasiones y retardos, que varían entre los 3 y los 10 días. Esto queda reflejado en los puntos en los que la curva de capturas (en amarillo) queda por debajo de la línea discontinua, que refleja el nivel de significancia (menor de 0.5). Con respecto a la segunda de las gráficas, se encuentran momentos en los que los datos de capturas parecen influir sobre los datos oceanográficos (en retardos de 2.5 y 13 días). Sin embargo, no tiene sentido físico que un volumen de capturas pueda impactar en datos oceanográficos. Por lo tanto, no se ha de considerar este último resultado.

⁸ El acrónimo PCMCI proviene de los dos conceptos o métodos en que se basa: PC y MCI.

- **Causalidad entre el puerto de venta de Santa Pola y puntos SIMAR en el radio de 25 millas.**

En esta ocasión, el método PCMCI arroja los resultados que se muestran en la Figura 14. Se muestran unos 20 días como máximo retardo temporal para poder visualizar mejor las distintas curvas. Se aprecian algunos rangos en que la variable de capturas (en amarillo) se halla por debajo del nivel significativo (marcado por una línea discontinua en 0.05); en particular, para retardos de 7 días, aproximadamente.

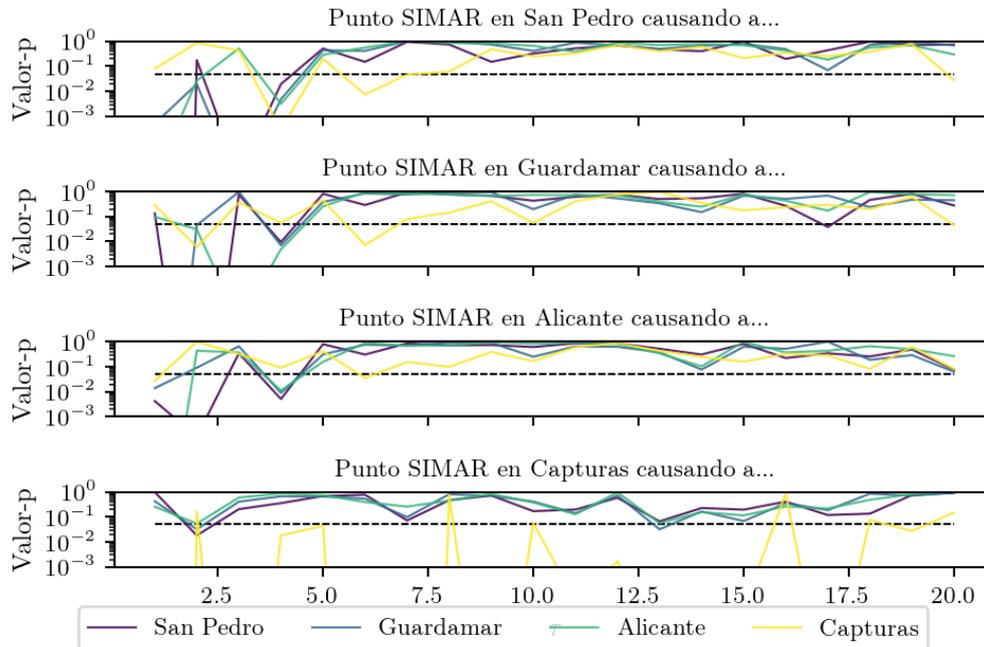


Figura 14. Causalidad según PCMCI; la línea discontinua refleja el nivel de significancia de 0.05

Al igual que en la aproximación anterior, la última gráfica hace referencia a la causalidad entre los datos de capturas con respecto a las variables de oleaje de las diferentes localidades. En este caso, se comprueba como la causalidad es directa consigo misma y, además, encontramos valores que se aproximan al nivel de significancia para 1 día de retardo, para 7 días y para 12.5-15 días.

Equivalentemente, a la derecha se muestra la matriz de suma de resultados que están por debajo del nivel de significancia estadística $\alpha = 0.05$, normalizada.

En ella se puede comprobar cómo las inferencias causales entre las variables consideradas no tienen un alto impacto.

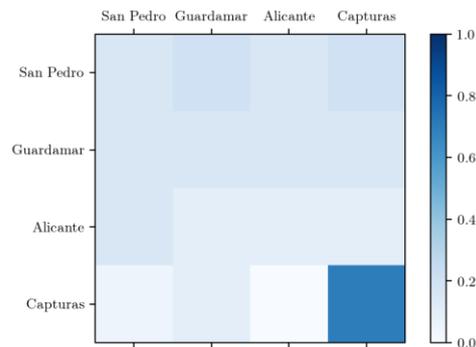


Figura 15. Matriz de causalidad normalizada según el método PCMCI.

5. Conclusiones

En este primer informe se ha llevado a cabo el estudio (evaluación inicial) y comprensión de los datos (análisis descriptivo) del conjunto de datos compuesto por el volumen de capturas de los diferentes puertos de venta de la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana, junto con los datos oceanográficos procedentes de los puntos SIMAR más cercanos a cada uno de los puertos de venta y las instalaciones acuícolas correspondientes.

Las conclusiones extraídas se exponen a continuación.

- Sobre el conjunto de datos disponible:
 - El conjunto de datos de capturas se compone de 25 puertos de venta (20 en la Comunidad Valenciana y 5 en la Región de Murcia) y se distribuye por las especies de corvina, dorada y lubina. De este conjunto, no se dispone de un total diario de capturas.
 - El conjunto de datos oceanográficos se corresponde con los datos de oleaje, mar de fondo y velocidad del viento principalmente. En este caso, se dispone de todos los datos diarios de cada uno de los puntos SIMAR.
 - El conjunto de datos que se ha utilizado para realizar los cálculos se compone de los días coincidentes de datos oceanográficos y datos de capturas en los puertos de venta. En aquellos días donde no se tienen datos de capturas se ha identificado con valor 0 durante la interpolación de los mismos.
- Sobre el análisis exploratorio realizado:
 - Se han llevado a cabo análisis exploratorios basados en las técnicas estadísticas de correlación y causalidad.
 - Con respecto a la correlación, se han llevado a cabo dos aproximaciones. La primera de ellas, basada en una correlación uno a uno entre los datos oceanográficos y datos de capturas, no ha arrojado unos resultados prometedores. De la segunda de ellas, basada en una correlación enventada, se han obtenido unas relaciones periódicas entre los datos a 2 meses vista. Es decir, los datos oceanográficos parecen tener relación con las capturas obtenidas durante 2 meses desde que tiene lugar un fenómeno adverso.
 - Con respecto a la causalidad, también se han llevado a cabo dos aproximaciones. Una de ellas considerando pares de valores (puerto de venta y parámetro oceanográfico) durante el análisis, de donde se ha obtenido que el fenómeno oceanográfico causa un volumen de captura significativo alcanzados los 10 días de retardo. Resultado similar al obtenido en la segunda aproximación, considerando puntos SIMAR que se encuentran dentro del rango de 25 millas con los datos de capturas, donde el valor de retardo a partir del cual las variables oceanográficas parecen causar los datos de capturas se encuentra entre el rango de 12-15.

6. Líneas de trabajo futuras

Las líneas de trabajo en las que se está trabajando para la consecución de los objetivos del proyecto son:

- Mejora en la precisión de los técnicas de inferencia causal para la identificación de posibles causas entre las variables oceanográficas y los escapes en las instalaciones acuícolas.
- Estudio de las posibles causas de los escapes de peces mediante el análisis predictivo mediante métodos tradicionales estadísticos ARIMA y SARIMA.
- Estudio de las posibles causas de los escapes de peces mediante el análisis predictivo mediante algoritmos de aprendizaje automático como LSTM.