

Aplicación del Conocimiento Oceanográfico para mejorar el servicio de asesoría a la flota vasca de bonito.

(HOBATU)

Informe Final

para:

EUSKO JAURLARITZA - GOBIERNO VASCO, Ekonomiaren Garapen eta
Lehiakortasun Saila - Departamento de Desarrollo Económico y
Competitividad, Nekazaritza, Arrantza eta Eli. Politika sail - Vice. de
Agricultura, Pesca y Políticas Alimentarias

Sukarrieta, noviembre de 2014

Tipo documento	Informe Final
Título documento	Aplicación del Conocimiento Oceanográfico para mejorar el servicio de asesoría a la flota vasca de bonito. (HOBATU)
Fecha	26/11/2014
Proyecto	04-2013-00568 - Aplicación del Conocimiento Oceanográfico para mejorar el servicio de asesoría a la flota vasca de bonito
Código	IM13HOBATU
Cliente	EUSKO JAURLARITZA - GOBIERNO VASCO, Ekonomiaren Garapen eta Lehiakortasun Saila - Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad, Nekazaritza, Arrantza eta Eli. Politika sail - Vice. de Agricultura, Pesca y Políticas Alimentarias
Equipo de proyecto	Nerea Goikoetxea Ainhoa Caballero Almudena Fontán Luis Ferrer Haritz Arrizabalaga Igor Arregui Nicolas Goñi Lucia Zarauz Yolanda Sagarminaga Estanis Mugerza Anna Rubio
Responsable proyecto	Goikoetxea Bilbao, Nerea (ngoikoetxea@azti.es)
Revisado por	Julien Mader, Coordinador del área Tecnologías Marinas Josu Santiago, Coordinador del área de Gestión de Túnidos
Fecha	25/11/2014
Aprobado por	Lorenzo Motos, Director I+D+i
Fecha	25/11/2014

Si procede, este documento deberá ser citado del siguiente modo:

Goikoetxea, N., Caballero, A., Fontán, A., Ferrer, L., Arrizabalaga, H., Arregui, I., Goñi, N., Zarauz, L., Sagarminaga, Y., Mugerza, E., Rubio, A., Santiago, J., Mader, J., 2014. Aplicación del Conocimiento Oceanográfico para mejorar el servicio de asesoría a la flota vasca de bonito (HOBATU). Elaborado por AZTI-Tecnalia para Eusko Jaurlaritza-Gobierno Vasco, Dpto. MAPTAP, Viceconsejería de Pesca e Industrias Alimentarias

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	11
2. OBJETIVOS.....	17
3. INTRODUCCIÓN	19
3.1 Atún blanco o bonito del norte	19
3.2 Condiciones oceanográficas del hábitat del bonito	20
4. MATERIAL Y MÉTODOS	25
4.1 Recopilación de datos biológicos.....	25
4.2 Construcción de las bases de datos de capturas	27
4.2.1 Construcción de la base de datos para el periodo 2009-2012	29
4.2.2 Construcción de la base de datos para el periodo 2013	31
4.3 Estudio del hábitat preferencial del bonito: periodo 2009-2012.....	32
4.3.1 Estudio de la variabilidad espacio-temporal en las capturas de bonito y las condiciones oceanográficas presentes durante 2009-2012	32
4.3.2 Estudio de la distribución de las capturas de bonito y las características productivas de la zona.....	34
4.4 Estudio de la distribución del bonito y las condiciones oceanográficas durante los meses de verano del 2013	38
4.4.1 Migración estacional del bonito.....	38
4.4.2 Distribución espacial del bonito dentro del Golfo de Vizcaya.....	39
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
5.1 Análisis de los datos de captura.....	42
5.2 Estudio del hábitat preferencial del bonito: periodo 2009-2012.....	48
5.2.1 Estudio de la variabilidad espacio-temporal en las capturas de bonito y las condiciones oceanográficas presentes durante 2009-2012	48
5.2.2 Estudio de la distribución de las capturas de bonito y las características productivas de la zona.....	56
5.3 Estudio de la distribución del bonito y las condiciones oceanográficas durante los meses de verano del 2013	64
5.3.1 Migración estacional del bonito.....	64

5.3.2 Distribución espacial del bonito dentro del Golfo de Vizcaya.....	75
6. CONCLUSIONES	87
6.1 Disponibilidad de datos de la flota vasca	87
6.2 Análisis de los datos de captura.....	88
6.3 Estudio del hábitat preferencial del bonito: periodo 2009-2012.....	88
6.4 Estudio de la distribución del bonito y las condiciones oceanográficas durante los meses de verano del 2013	90
7. INVESTIGACIONES FUTURAS	92
BIBLIOGRAFÍA.....	94
AGRADECIMIENTOS.....	97
ANEXO A – FIGURAS COMPLEMENTARIAS	98
ANEXO B – CONTRIBUCIONES EN CONGRESOS	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de desembarcos en puertos de la costa cantábrica para los cuales disponemos de información sobre la fecha de desembarco y kg de bonito desembarcados por barco. En gris se resaltan los puertos de la Comunidad Autónoma del País Vasco.	26
Tabla 2. Resumen sobre el periodo de años para los cuales se ha dispuesto de datos.	27
Tabla 3. Resumen de las diferentes escalas espacio-temporales consideradas en los modelos GAMs.	37
Tabla 4. Resultados del análisis EOF-CCA entre las capturas por rectángulo ICES y las variables predictoras altura de la superficie del mar (SSH) y temperatura integrada en los primeros 100 metros (T 0-100m) para el periodo Junio-Octubre 2009-2013.	54
Tabla 5. Valores del índice de balance entre preferencias por zonas de talud o aguas oceánicas, durante la primera (junio-agosto) y segunda (agosto-octubre) parte de la costera del bonito (periodo 2009-2012).	60
Tabla 6. Resumen de los transectos muestreados por el glider y las capturas de bonito realizadas a menos de 0.25° de cada transecto durante la trayectoria del glider.	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplos de diferentes pesquerías relacionados con montes submarinos (fuente: www.savethehighseas.org).	22
Figura 2. Batimetría del océano Atlántico Nordeste (fuente: http://oceana.org/en/explore/marine-places/bay-of-biscay).	23

Figura 3. Esquema ilustrativo sobre los pasos seguidos a la hora de corregir las capturas anotadas en los diarios de pesca electrónicos con los kg desembarcados en puerto.	28
Figura 4. Flujo de trabajo seguido para el cruce entre los datos de los logbooks y los datos registrados en el sistema VMS (Bastardie et al., 2010).	30
Figura 5. Histograma de frecuencias del rango de velocidades (nudos) utilizada por la flota de cebo vivo (arriba) y cacea (abajo).	30
Figura 6. Arriba, rango y frecuencia de las distintas profundidades que podemos encontrar en la zona de estudio. En el centro, histograma que muestra las capturas de bonito realizadas en aguas de distintas profundidades. Abajo, el ratio que muestra la preferencia por zonas con determinada profundidad.....	35
Figura 7. Esquema ilustrativo que explica los parámetros utilizados en el cálculo del índice de balance.....	36
Figura 8. Área muestreada durante la campaña acústica JUVENA, que tiene lugar todos los años en septiembre, en el Golfo de Vizcaya.....	36
Figura 9. Zona muestreada por el glider (campaña GESEBB) durante el periodo 23julio-24septiembre, en el sudeste del Golfo de Vizcaya. Arriba a la derecha se muestra el prototipo utilizado durante la campaña.	39
Figura 10. Distribución de las capturas de bonito de la flota de cebo vivo durante las costeras 2009-2013, según la información obtenida a partir de los campos latitud y longitud de la captura de los diarios electrónicos de pesca.....	42
Figura 11. Distribución de las capturas de bonito de la flota de cebo vivo durante las costeras 2009-2013, según la información obtenida a partir de los campos latitud y longitud de la captura de los diarios electrónicos de pesca.....	43
Figura 12. Distribución de las capturas de bonito durante las costeras 2009-2013, según la información obtenida a partir de los rectángulos estadísticos ICES de los diarios electrónicos de pesca.	44
Figura 13. Capturas de bonito por la flota de cebo vivo por rectángulo ICES. Arriba se muestra la suma de las capturas por rectángulo para todo el periodo y abajo la media de kg capturados por lance en cada rectángulo ICES.	45
Figura 14. Capturas de bonito por la flota de cebo vivo por rectángulo ICES. Arriba se muestra la suma de las capturas por rectángulo para todo el periodo y abajo la media de kg capturados por lance en cada rectángulo ICES.	46

Figura 15. Desembarcos de bonito por la flota de cebo vivo (azul) y cacea (rojo) de los barcos citados en la tabla 1.....	47
Figura 16. Distribución espacial de CPUE de bonito capturado por la flota de cebo vivo durante 2009-2012.	49
Figura 17. Distribución espacial de CPUE de bonito capturado por la flota de cacea durante 2009-2012.	49
Figura 18. Distribución anual de CPUE de bonito durante 2009-2012.....	50
Figura 19. Serie de CPUE de cacea junto con percentiles 90 y 10 para el periodo 1980-2011.....	52
Figura 20. En el panel superior (de izquierda a derecha) se muestra la SSH Junio-Octubre promediada para los años favorables, la SSH Junio-Octubre para los años desfavorables, la diferencia entre ambas y las posiciones en las que la diferencia de las medias es estadísticamente significativa en negro (p-valor=0.05). En el panel inferior se muestran los mismos resultados para el caso de la temperatura integrada en los primeros 100 metros (T 0-100m).....	52
Figura 21. Variables canónicas para las capturas por rectángulo ICES, temperatura promedio de los 100 primeros metros de la columna de agua y altura de la superficie del mar para el periodo comprendido entre Junio y Octubre 2009-2013, junto con los coeficientes de correlación canónica.	55
Figura 22. Índice de preferencia batimétrica para los diferentes años estudiados.	56
Figura 23. Localizaciones de CPUEs altos (>1280kg/h para cebo vivo y >320kg/h para cacea) sobre la batimetría de la zona.	58
Figura 24. Índice de preferencia batimétrica mensual para los diferentes años estudiados.	59
Figura 25. Índice de preferencia batimétrica anual para la primera (Junio-Agosto) y segunda (Agosto-Octubre) parte de la costera de bonito. En los recuadros se muestra el signo del índice de balance para cada flota (T, cacea y B, cebo vivo).....	61
Figura 26. En azul, biomasa de anchoa estimada durante las campañas acústicas JUVENA. En gris, posiciones de capturas de bonito realizadas durante el mes de septiembre, coincidiendo con la campaña JUVENA.	62
Figura 27. Modelo GAM seleccionado (CPUE ~ s(biomasa de anchoa_escala 2) + Año + Tipo de arte).	63

Figura 28. Variabilidad mensual (arriba) y anual (abajo) del índice GSI durante el periodo 1966-2013.	64
Figura 29. Variabilidad anual del índice GSI (arriba, fase positiva en rojo, fase negativa en azul) y del reclutamiento del bonito (abajo, reclutamiento positivo en azul y reclutamiento negativo en rojo).	65
Figura 30. Variabilidad mensual del índice GSI durante el año 2013. En azul se representan los meses con GSI negativo y en rojo los meses con GSI positivo. Las líneas azul y rojo representan la media menos (azul) o más (rojo) la desviación estándar. 65	
Figura 31. Distribución de las capturas de bonito de la flota vasca durante la costera 2013, según la información obtenida a partir de los campos latitud y longitud de la captura de los diarios electrónicos de pesca.	66
Figura 32. Distribución mensual de las capturas de bonito (azul, cebo vivo; rojo, cacea) durante los primeros meses de la costera del 2013, representados sobre el mapa de SST correspondiente al mismo periodo. Los asteriscos indican posiciones con lance pero sin captura.	68
Figura 33. Distribución semanal de las capturas de bonito (azul, cebo vivo; rojo, cacea) durante los primeros meses (mayo-julio) de la costera del 2013, representados sobre el mapa de SST correspondiente al mismo periodo. Los asteriscos indican posiciones con lance pero sin captura.	69
Figura 34. Distribución semanal de las capturas de bonito (azul, cebo vivo; rojo, cacea) durante los meses centrales (julio-agosto) de la costera del 2013, representados sobre el mapa de SST correspondiente al mismo periodo. Los asteriscos indican posiciones con lance pero sin captura.	70
Figura 35. Distribución semanal de las capturas de bonito (círculos blancos) durante los meses centrales de la costera del 2013, representados sobre el mapa de EKE (energía cinética turbulenta) correspondiente al mismo periodo.	73
Figura 36. Distribución mensual de las capturas de bonito (azul, cebo vivo; rojo, cacea) durante los la costera del 2013, representados sobre el mapa de concentración de clorofila (mg/m ³) del mismo periodo. Los puntos blancos indican posiciones con lance pero sin captura.	74

Figura 37. Distribución espacial de los lances no nulos a bonito durante el periodo de la campaña GESEBB (23/07/2013-24/09/2013) en todo el caladero (arriba) y en la zona de muestreo del glider (abajo).....	75
Figura 38. Perfiles verticales de temperatura potencial (izquierda) y salinidad (derecha) de las mediciones realizadas por el CTD.	77
Figura 39. Gráfica de dispersión del máximo de fluorescencia en función de la profundidad, en la zona muestreada por el glider.	78
Figura 40. Perfil de fluorescencia para las medidas tomadas dentro de anticiclones (A), ciclones (C) y para todas las medidas (global).	78
Figura 41. La evolución temporal y vertical de la fluorescencia (arriba) y de la turbidez (abajo) para el transecto 1 de la campaña.....	79
Figura 42. La evolución temporal y vertical de la fluorescencia (arriba) y de la turbidez (abajo) para el transecto 2 de la campaña.....	80
Figura 43. Evolución temporal de la profundidad de la capa de mezcla estimada a partir de 3 métodos distintos, durante parte de la campaña GESEBB en el sureste del Golfo de Vizcaya.....	81
Figura 44. Histograma (derecha) y evolución temporal de la profundidad de la capa de mezcla estimada a partir de la isoterma de 15°C. La línea roja indica la profundidad media y las líneas verdes la desviación estándar.....	82
Figura 45. Histograma (derecha) y evolución temporal de la profundidad de la capa de mezcla estimada a partir del método de la función logística. La línea roja indica la profundidad media y las líneas verdes la desviación estándar.	82
Figura 46. Trayectoria del glider a lo largo del transecto 2 sobre un mapa de temperatura superficial (izquierda) y mapa de clorofila (derecha). Superpuestos se representan las capturas de bonito (asteriscos negros) para el mismo periodo y las corrientes integradas medidas por el glider (flechas amarillas).....	83
Figura 47. Trayectoria del glider a lo largo del transecto 2 sobre un mapa de temperatura superficial (izquierda), mapa de clorofila (centro) y de altimetría (derecha). Las corrientes geostroficas están representadas por flechas. También se muestran el centro (punto) y la estimación del perímetro (circulo) del ciclón (azul) y del anticiclón (verde).	84
Figura 48. Perfiles verticales de fluorescencia, turbidez y temperatura del mar (hasta 1000m y 100m de profundidad) medidos por el glider a lo largo del	

transecto. La dirección de las corrientes se representa con flechas. Tanto el ciclón (azul) como el anticiclón (verde) están representados en la figura.....85

1. ANTECEDENTES

La variabilidad tanto en abundancia como en la distribución espacial del bonito que se ha observado durante los últimos años en el Atlántico Nordeste y más en concreto dentro del Golfo de Vizcaya, ha despertado la preocupación del sector de bajura del País Vasco sobre la situación de este stock. Como consecuencia de esta necesidad de dar una respuesta integrada a las preguntas del sector y de la gestión pesquera, surgió el proyecto ECOMET (Efecto de las Condiciones Oceano-Meteorológicas en el comportamiento, seguimiento y Evaluación de los Túnidos) (Goikoetxea et al., 2012). En este proyecto se hizo un primer estudio de los patrones espacio-temporales observados en la distribución de las capturas de bonito (tanto de curricán como de cebo vivo, así como con arrastre pelágico francés) y se describieron las condiciones oceanográficas e hidrodinámicas, y otros procesos meteorológicos y/o climáticos de mayor escala que influyen en la variabilidad de la abundancia interanual de esta especie y su distribución espacial dentro de la zona de pesca del sector pesquero vasco.

El proyecto ECOMET ha servido para identificar los parámetros globales (por ejemplo los índices climáticos NAO y GSI) que sugieren un efecto en la supervivencia de los estadios tempranos y, por lo tanto, del reclutamiento anual de la especie (Goikoetxea et al., 2012). Una vez superada esta primera etapa, las larvas supervivientes pasan a la fase juvenil y se integran en la rutina anual de las migraciones tróficas hacia aguas del Nordeste Atlántico y, sobre todo, a aguas productivas del Golfo de Vizcaya donde se desplazan en busca de zonas óptimas para su alimentación. En esta fase, prima más el estudio de las condiciones ambientales a escala más regional e incluso local. Así, ECOMET ha permitido identificar la importancia de la estructura vertical de la columna de agua y se ha formulado la hipótesis de la posible influencia de la presencia/ausencia de estructuras mesoscales, tales como remolinos oceánicos, en el comportamiento del atún (Goikoetxea et al., 2012). Además, el estudio de las posiciones de las capturas de los últimos años y la variabilidad en el volumen de las mismas, deja patente la marcada diferencia de capturas entre años. En este sentido, desde el sector se nos plantea la

necesidad de responder a preguntas como: ¿Por qué en algunos años el atún parece estar ausente dentro del Golfo, mientras que sí se pesca por ejemplo en aguas de Irlanda? Este es por ejemplo el caso de los años 2009, 2010 y 2011, cuando los barcos se vieron obligados a realizar mayores desplazamientos en busca de zonas de captura, con el gasto económico que ello supone. Una de las hipótesis derivadas de este proyecto es que estructuras energéticas presentes en unos años pero ausentes (o menos energéticas) en otros años podrían influir en la presencia/ausencia del bonito dentro del Golfo. Los resultados obtenidos en el proyecto ECOMET reflejan la situación hasta 2011. Sin embargo, parece que gran parte de las capturas de la costera del 2012 han vuelto a producirse en el Golfo, información que sería muy importante añadir al estudio realizado hasta el momento, pudiendo así estudiar los cambios oceanográficos que han posibilitado nuevamente la entrada de bonito en el Golfo.

Los resultados, producto de este proyecto ECOMET, se han presentado al sector pesquero, principal interesado de este estudio. A principios del año 2013 se celebraron las comisiones tecnológicas anuales, con el sector cacero en Sukarrieta y con el sector cerquero en Pasaia. En ambas reuniones se presentaron los principales resultados sobre la influencia de las condiciones oceano-meteorológicas en la abundancia y capturabilidad de esta especie durante la costera de verano. Los asistentes a la reunión, entre ellos arrantzales del sector y el presidente de la asociación Galera, mostraron interés en los resultados expuestos y subrayaron la importancia en seguir con esta línea de trabajo para poder caracterizar el hábitat óptimo de esta especie y poder así entender su comportamiento y distribución en el Golfo de Vizcaya.

Por otra parte, los rangos oceanográficos óptimos para las capturas de bonito identificados en el proyecto ECOMET han sido utilizados en la costera de bonito del verano 2013 para las recomendaciones de zonas de pesca que se realizan a la flota vasca en el marco del proyecto AURtel.

Asimismo, en el proyecto ECOMET se han identificado nuevas necesidades de estudio con varias sugerencias para futuros trabajos. A partir de los resultados obtenidos en este proyecto se han planteado diferentes hipótesis de estudio y se han

identificado nuevas formas de análisis de datos y de parámetros a incorporar al estudio. Un ejemplo serían los parámetros relacionados con la estructura vertical de la columna de agua (profundidad de la capa de mezcla, profundidad de diferentes isotermas, gradiente/profundidad de la termoclina). Por otra parte, considerando las preferencias de salinidad del bonito, sería interesante analizar si en años en los que aumenta la descarga fluvial (como consecuencia de meses lluviosos o deshielo) podrían formarse frentes salinos que impidan al bonito adentrarse hasta el talud.

A pesar de que se han obtenido resultados interesantes de este trabajo multidisciplinar, es necesario seguir trabajando en esta misma línea para poder comprobar y estudiar diferentes hipótesis que han ido surgiendo a lo largo de este proyecto. Sin embargo, hay que tener en cuenta que ciertos datos utilizados en este trabajo sólo permiten una aproximación a la realidad. En este sentido, es importante remarcar la necesidad de una serie temporal de datos de Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE), con mayor resolución espacial y temporal, para poder extraer resultados fiables y significativos.

A modo esquemático, se listan las diferentes razones que subrayan la importancia de profundizar en el estudio de la influencia ambiental sobre la población del atún blanco del Atlántico Nordeste.

- Introducción de nuevas variables oceanográficas en el estudio identificadas en ECOMET como importantes candidatas a tener en cuenta en la caracterización del hábitat del bonito.
 - Profundidad de la capa de mezcla.
 - Intensidad de la termoclina (gradiente de temperatura).
 - Descarga fluvial de los principales ríos: meses lluviosos → mayor descarga de agua dulce → desplazamiento del frente de salinidad hacia aguas más oceánicas.
 - Identificación de masas de agua de distintas características oceanográficas (concentración de oxígeno, salinidad, temperatura,...).

- Índice de afloramiento → formación de frentes de temperatura y plancton.
- Introducción de nuevos métodos de estudio (geo-estadística).
- Introducción de datos de 2012 y 2013, años en los cuales las pescas dentro del Golfo pueden considerarse buenas.
- Incorporación de las medidas tomadas durante la campaña GESSEB durante el verano de 2013, coincidiendo con la costera de bonito.

Con respecto al último punto, desde finales de julio hasta finales de septiembre de 2013 un submarino autónomo planeador (o glider) ha muestreado parte del sureste del Golfo de Vizcaya, concretamente la zona comprendida entre desde costa hasta 45°N y entre 2°30'O y 4°30'O. Asimismo se dispusieron en zonas estratégicas dos boyas de deriva. El objetivo de esta campaña es analizar un remolino mesoescalar (decenas de km de diámetro) que permanece durante meses en la zona. Los remolinos oceánicos tienen un efecto notable en las características de la columna de agua (salinidad y temperatura), profundidad de la capa de mezcla, así como en la distribución del fitoplancton, Y por tanto, podría afectar la abundancia/distribución de otros organismos en niveles superiores de la cadena trófica (zooplancton, pequeños pelágicos,...); además de presentar frentes de temperatura/plancton en su periferia. Durante la campaña se han tomado datos de corrientes, salinidad, temperatura, clorofila, turbidez y oxígeno disuelto, en la columna de agua (desde superficie hasta 1000 m de profundidad).

En el marco de este proyecto, tanto los resultados del análisis de la columna de agua, como de la estructura y características de estos remolinos mesoescalares, pueden ser útiles en el caso de que se den capturas de bonito en la zona y época de muestreo. El valor añadido de este tipo de datos, con respecto a otros estudios sobre el efecto de variables ambientales en la distribución del bonito, reside en el hecho de que se trata de medidas *in situ* y de que contemplan no solo los niveles superficiales sino también niveles más profundos por debajo de la capa de mezcla.

Por tanto, esta campaña permitirá tener información sobre la estructura vertical de la columna de agua, factor que ya en el proyecto ECOMET consideramos importante en relación a la distribución vertical y capturabilidad del bonito. De hecho, existen estudios que han demostrado que el cambio de la temperatura del agua con la profundidad, es un predictor robusto de la distribución vertical del bonito, y por lo tanto, de la vulnerabilidad a artes de pesca específicas (Brill and Lutcavage, 2001). Los modelos en los que se ha considerado esta información, han mostrado ser más útiles a la hora de corregir las estimaciones de evaluación de la población basados en datos de CPUEs (Brill and Lutcavage, 2001). Boyce et al. (2008) concluyeron que parámetros como la concentración de oxígeno, disponibilidad de presas, frentes oceánicos, zooplancton y salinidad entre otros, también estaban correlacionados con la abundancia y distribución de especies como el bonito (Sund et al., 1981; Worm et al., 2005).

Los resultados obtenidos en ECOMET también han sido presentados a la comunidad científica encargada de suministrar el consejo científico de gestión, con el objetivo de demostrar la importancia de incorporar la información ambiental en la evaluación y gestión de esta especie. En este sentido, los resultados del proyecto se presentaron en una reunión de ICCAT sobre la evaluación del bonito que tuvo lugar en el centro de AZTI (Sukarrieta) entre el 17 y 24 de junio 2013. En esta reunión se presentó el documento SCRS-13-113 (Goikoetxea et al., 2013) en el cual se expusieron algunos de los resultados preliminares obtenidos en el contexto del proyecto ECOMET. Principalmente, la exposición se centró en aquellos elementos oceanográfico-meteorológicos a diferentes escalas que parecen incidir en la capturabilidad o en la disponibilidad del atún blanco en el Golfo de Vizcaya y áreas circundantes.

Entre las recomendaciones que ha identificado el grupo de trabajo y que el SCRS de ICCAT hará suyas, está la siguiente:

“The group noted that recent changes in the availability of albacore tuna in the northeast foraging areas might have affected the CPUE trends of different surface fisheries. Thus, it is recommended to investigate the effect of environmental variables on those CPUE trends, in order to better interpret the different CPUE trends”.

La importancia de poder identificar las variables oceanográficas clave, como por ejemplo la temperatura superficial del mar, que influencia la distribución a gran escala de especies como los túnidos, tiene implicación para la conservación y gestión del stock (Boyce et al., 2008). Cabe destacar que aunque la información ambiental no se considera en la evaluación de los stocks, cada vez son más los investigadores que apuestan por la necesidad de incorporar la variabilidad ambiental en los modelos de evaluación (Pons and Domingo, 2013).

2. OBJETIVOS

Este proyecto se presenta con el interés de mejorar el conocimiento científico sobre la distribución temporal y espacial del bonito y la influencia de los factores ambientales en el comportamiento de esta especie. Esta necesidad abarca tres objetivos principales: i) incidencia de las condiciones oceanográficas en la actividad pesquera durante la costera; ii) mejora de la capacidad de asesoría al sector sobre mapas de probabilidad de pesca; y iii) aplicación de este conocimiento en la mejora de los índices de abundancia del atún blanco, incluyendo factores oceanográficos en los modelos de captura por unidad de esfuerzo, de potencial utilización en la evaluación y gestión de la población de atún blanco.

Para ello, se plantean dos líneas de trabajo con diferentes objetivos específicos:

A. Estudio del hábitat preferencial del bonito:

- Estudiar la variabilidad estacional en la distribución del atún blanco, en su migración desde zonas de puesta hacia zonas de alimentación, a partir de datos diarios de capturas.
- Caracterizar el efecto de las condiciones oceanográficas globales en la migración trófica anual del atún desde las zonas de reproducción hasta las zonas de alimentación.
- Realizar un análisis geo-espacial de las capturas de los últimos años para estudiar cambios/tendencias en las zonas de pesca y las condiciones oceanográficas presentes en las mismas con el objetivo de caracterizar oceanográficamente el hábitat del bonito.
- Identificar los factores ambientales responsables de presencia/ausencia de bonito dentro del Golfo de Vizcaya.

B. Aplicación de la información obtenida en la campaña glider para:

- Validar algunos de los resultados sobre las características oceanográficas del hábitat del bonito.

- Analizar la estructura de la columna de agua y características oceanográficas a diferentes profundidades para su relación con presencia/ausencia de bonito.
- Estudiar si la distribución del bonito en la zona puede estar relacionada con los remolinos mesoescalares presentes en la zona.

La aplicación del conocimiento científico adquirido en este proyecto permitirá por una parte, una mayor eficiencia energética de la flota vasca de túnidos a través de la optimización de rutas, y por otra parte, una mejora de la estimación de las tendencias de la población de bonito a través de la introducción de la influencia variabilidad ambiental en los modelos de evaluación.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 Atún blanco o bonito del norte

El bonito o atún blanco, *Thunnus alalunga* (Bonanaterre, 1788), pertenece a la familia de los Scombridae. Dentro del género *Thunnus* diferenciamos 8 especies de peces epi- y mesopelágicos, cuatro son tropicales y los otros cuatro templados. El bonito se clasifica dentro del grupo de los templados.

Es una especie pelágica y altamente migratoria para lo cual necesita tener un nivel metabólico alto. Una particularidad de los atunes es su capacidad de termorregulación que les permite mantener una temperatura interna mayor que la temperatura del medio marino en el que se encuentran, y por lo tanto tienen una menor dependencia de las variaciones de temperatura del agua.

Tiene una distribución geográfica muy amplia abarcando todo el Atlántico Norte hasta el 55°N. Dentro del Atlántico Norte, tanto los adultos como los juveniles pasan el invierno en aguas centrales tropicales. En primavera, los adultos se desplazan al Mar de Sargazos para la reproducción. La puesta tiene lugar entre los meses de abril a septiembre (Santiago, 2004). Los individuos inmaduros realizan una migración trófica hacia latitudes más altas, en dirección hacia las zonas productivas del Golfo de Vizcaya y el sureste de Irlanda (Arrizabalaga *et al.*, 2002). En el sudeste del Golfo de Vizcaya, a pesar de mostrar una gran variabilidad estacional e interanual, la presa más importante en la dieta del bonito parece ser la anchoa (*Engraulis encrasicolus*) (Goñi *et al.*, 2011). Esta información coincide con los resultados de Fiedler y Bernard (1987) sobre el contenido estomacal de los bonitos capturados en la costa californiana.

En la migración trófica que realizan hacia latitudes septentrionales los juveniles de bonito son capturados tradicionalmente por artes de pesca de superficie usando cebo (artificial o vivo), y más recientemente también por arrastre pelágico. La campaña pesquera tiene lugar entre junio y octubre. Empieza cerca de las islas Azores (25-

30°W) y se desplaza hacia el noreste según avanza la temporada, hasta llegar al Golfo de Vizcaya y hasta el sur de Irlanda (40-50°N).

3.2 Condiciones oceanográficas del hábitat del bonito

Varios estudios han identificado las condiciones óptimas del hábitat preferente del atún en cuanto a temperatura del mar (Havard-Duclos, 1973; Sund et al., 1981; Chen et al., 2005; Zainuddin et al., 2006; Dufour, 2010; Sagarminaga y Arrizabalaga, 2010), concentración de fitoplancton (Laurs et al., 1984; Fiedler y Bernard, 1987; Zainuddin et al., 2004; Zainuddin et al., 2006; Chen et al., 2005), disponibilidad de oxígeno disuelto (Sund et al., 1981) presencia de estructuras oceanográficas como remolinos (Reddy et al., 1995; Zainuddin et al., 2006) y frentes (Sund et al., 1981; Laurs et al., 1984; Reddy et al., 1995; Kirby et al., 2000; Polovina et al., 2001) y la profundidad de la termoclina (Goñi y Arrizabalaga, 2005; Chen et al., 2005; Goñi et al., 2009).

Además de las condiciones oceanográficas del área de distribución del bonito, otros factores como los índices globales pueden ser de gran importancia a la hora de estudiar las preferencias del bonito y la variabilidad en la abundancia y distribución de las capturas.

Varios autores defienden la idea de que el índice NAO (North Atlantic Oscillation- Oscilación del Atlántico Norte) puede afectar la distribución espacial de las poblaciones de túnidos, su migración y la capturabilidad (Fromentin, 2002). De hecho, se ha demostrado que el reclutamiento del bonito del Atlántico Norte está inversamente correlacionado con el índice global NAO (Ortiz de Zarate et al., 1998). Bard y Santiago (1999) estudiaron el periodo 1955-1965 y vieron que el régimen general del índice NAO pudo haber favorecido el buen reclutamiento de ese periodo, así como la gran capturabilidad en el Golfo de Vizcaya, explicando la gran cantidad de capturas registrada durante ese periodo. Más recientemente Arregi y colaboradores (2006) volvieron a detectar un efecto inverso de la Oscilación del Atlántico Norte en el reclutamiento.

Una correlación negativa se ha obtenido también entre la latitud de la corriente del Golfo y las capturas agregadas de individuos de edad 2 y 3. Esta correlación puede considerarse el resultado del desplazamiento del hábitat de individuos inmaduros hacia zonas más al norte, debido a una localización más al norte de la corriente del Golfo. Como consecuencia, podría influir en la capturabilidad de esta especie por la flota que opera en estas zonas (Ortiz de Zarate et al., 1998). Otros autores coinciden en este argumento, subrayando que la distribución del atún depende de la variabilidad de la corriente del Golfo de manera que el desplazamiento de la pared hacia el norte podría favorecer su desplazamiento fuera de la pesquería del Golfo de Vizcaya (Sherman and Skjoldal, 2002).

A pesar de que algunos autores demostraron que un índice NAO positivo haya podido desfavorecer un buen nivel de reclutamiento del bonito del norte (Santiago, 2004), otros autores subrayan que las condiciones medio ambientales en las zonas de pesca podrían estar directamente afectando las capturas (Ortiz de Zarate et al. 1998). En este sentido, las condiciones oceanográficas dentro del Golfo de Vizcaya pueden ser importantes a la hora de explicar las diferentes cantidades de capturas registradas durante las distintas costeras.

Una de las características de la hidrografía del Golfo de Vizcaya es la formación de una remolino mesoescalar en los meses de verano. Esta estructura se suele formar sobre el eje de la línea longitudinal 4ºO (con algunas variaciones espaciales entre años) y suele permanecer durante meses en la zona. Así se sugiere que la presencia de este remolino tiene un efecto importante en las características hidrográficas de la columna de agua como por ejemplo temperatura y salinidad en diferentes profundidades. Además puede afectar la profundidad de la capa de mezcla así como la distribución del fitoplancton. Esto puede genera variaciones en la abundancia o distribución de otros organismos marinos que ocupan niveles más altos en la cadena trófica como por ejemplo zooplancton y pequeños pelágicos. Zainuddin y colaboradores (2006) han demostrado la importancia de remolinos como éste para la distribución del bonito tanto por las características productivas de las aguas, como por la formación de frentes de temperatura y plancton en su periferia.

Otras estructuras, en este caso topográficas, que son conocidas como hot spots de diversidad marina, son los cañones y montes submarinos. La heterogeneidad topográfica de estas grandes estructuras geomorfológicas determina una mayor concentración de hábitats diferentes en una escala espacial reducida (Deep Sea Conservation Coalition, www.savethehighseas.com).

Target species	Seamount	Fishery	Reference
Swordfish	Eastern Australian Seamounts (Australia)	Longline fishery	Campbell and Hobday, 2003
Bigeye tuna	Musicians and Navigator seamounts (Hawaii)	Longline fishermen	Allain et al, 2006
Albacore and bluefin tuna	Cross seamount (Hawaii)	Commercial fisheries	Beverly et al., 2004; Itano and Holland, 2000
Albacore and bigeye tuna	Emperor Seamount chain (Hawaii)	Many fisheries including longline	Yasui, 1986
Tuna	Capricorn Seamount (Tonga)	Longline fisheries	Allain et al, 2006
Tuna aggregations	"Coco de mer" seamount (Indian Ocean)	Purse seine fishery	Arrizabalaga et al, 2001
Albacore tuna	Cordell Bank seamount (USA, Pacific)	Purse seine fishery	Allain et al, 2006
Tuna	Tasmanian Seamounts (Australia)	Recreational and commercial fisheries	National Ocean Service, 2001
Albacore tuna	Bowie Seamount (Canada, Pacific)	Longline fisheries	Commonwealth of Australia 2002
Tuna aggregations	Seamounts worldwide, throughout tropical oceanic waters	Commercial fisheries	WWF, 2003
			Fonteneau, 1991

Figura 1. Ejemplos de diferentes pesquerías relacionadas con montes submarinos (fuente: www.savethehighseas.org).

Hay estudios que han mostrado una relación entre especies como el atún blanco, el atún rojo, el patudo, el atún aleta amarilla y el pez espada y los montes submarinos. Los montes submarinos crean un patrón complejo de corrientes que influyen en la vida marina sobre y alrededor de ellos y atraen a especies comerciales importantes. Los montes submarinos son hábitats donde alimentarse para especies pelágicas que son atraídas por grandes concentraciones de zooplancton y micronecton. Particularmente, en la costa de California las zonas de pesca están muchas veces

asociadas a estructuras topográficas como montes submarinos o bancos, que son entendidos como zonas de enriquecimiento local y de abundancia de alimento (Sund et al., 1981; Laurs et al., 1984). La figura 1 muestra una recopilación de diferentes estudios que han mostrado una relación directa entre diferentes montes submarinos y diversas pesquerías (Deep Sea Conservation Coalition, www.savethehighseas.com).

Además, parece que los montes submarinos son utilizados por especies migratorias para descansar y para alimentarse. Son estructuras que agregan atunes y otras especies migratorias sobre todo por ser zonas de alimentación pero también como zonas de descanso y de reproducción (Young et al., 2014).

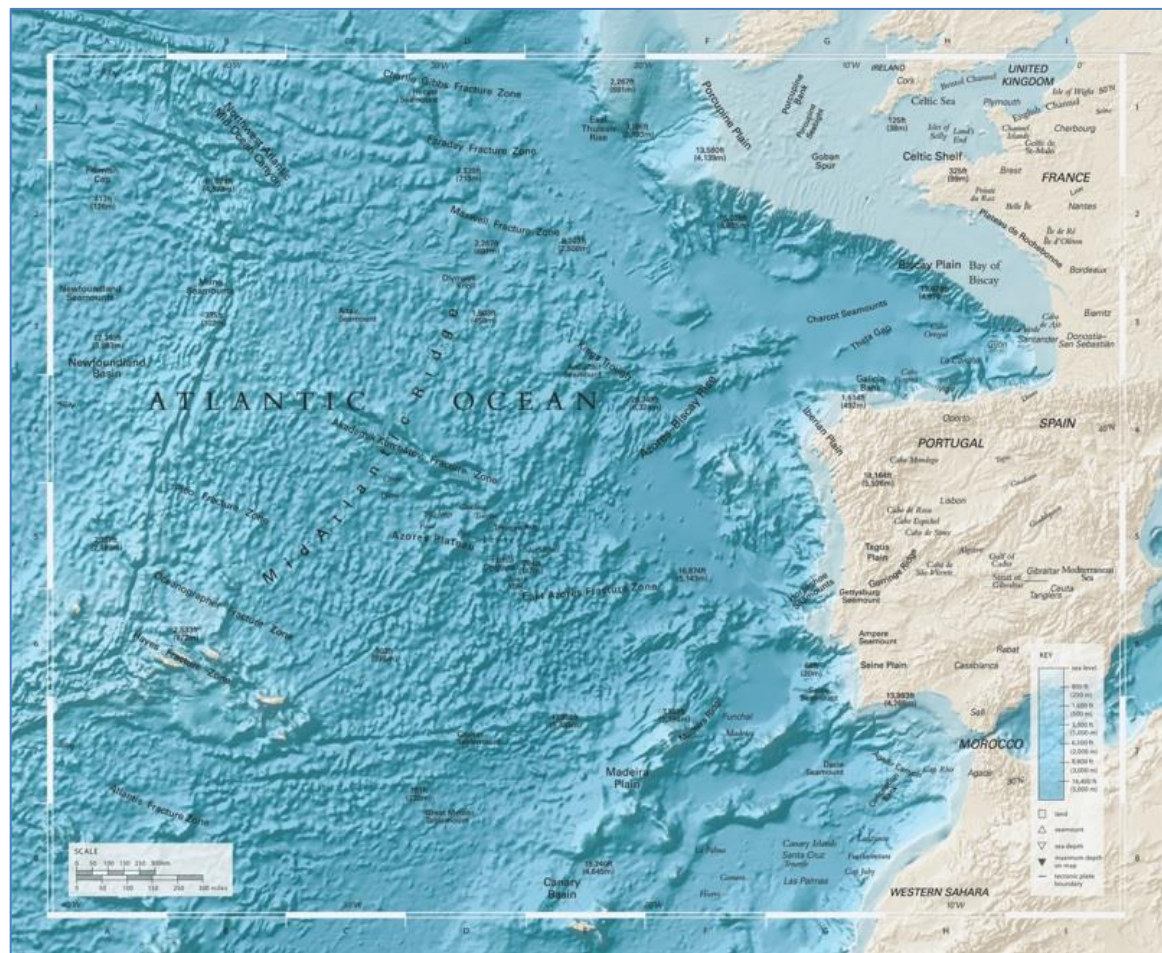


Figura 2. Batimetría del océano Atlántico Nordeste (fuente: <http://oceana.org/en/explore/marine-places/bay-of-biscay>).

En lo que se refiere a los fondos marinos de la zona de estudio de este proyecto, en la figura 2 se puede observar la variabilidad batimétrica del fondo marino desde las Islas Azores hasta el Golfo de Vizcaya. Dentro del Golfo destacan los promontorios submarinos Banco de Galicia y el banco Le Danois (también conocido como El Cachucho).

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Recopilación de datos biológicos

- Diarios electrónicos de pesca (2009-2013)

Los datos de capturas de bonito se han obtenido a partir de los diarios electrónicos que los mismos pescadores rellenan a bordo del barco durante la costera del bonito. Estos diarios de pesca son transmitidos a la Secretaría General del Mar, quien tras informatizarlos se los envía a AZTI para su análisis.

Para cada marea realizada, los diarios electrónicos (también llamados logbooks) proporcionan información sobre la fecha de salida y de regreso a puerto, fecha de desembarco en puerto y puerto de desembarco. Entre otros parámetros, también proporcionan información sobre el número de operaciones de pesca y la captura obtenida (kilogramos por especie), por cada día de pesca y rectángulo estadístico ICES. Esto significa que si la embarcación, durante el mismo día ha pescado en varios rectángulos estadísticos, deberá proporcionar la información desagregada por cada uno de los rectángulos estadísticos en los que ha tenido lugar la pesca. Los rectángulos estadísticos ICES se identifican con un código alfanumérico y tienen un tamaño de 1 x 0.5 grados. El patrón, puede elegir dar información sobre la posición de la pesca indicando el código correspondiente al rectángulo estadístico, o indicando un punto dentro de ese rectángulo (generalmente la posición de una de las operaciones realizadas durante ese día).

Para el estudio de la variabilidad espacio-temporal de las capturas la información sobre la fecha y posición de la pesca es de gran importancia.

Una manera de validar estos datos obtenidos a partir de los diarios electrónicos rellenos por los mismos pescadores, es contrastarlos con los datos de ventas en puertos.

- Desembarcos (2000-2013)

Los datos de desembarcos provienen de los registros de venta de las cofradías del País Vasco. Las ventas descritas corresponden en su mayoría a pescado que ha sido desembarcado en puertos vascos, pero también incluyen partidas que han sido desembarcadas en otros puertos y transportadas al País Vasco en camión para su venta. La tabla 1 recoge la disponibilidad de datos de desembarcos de la flota del País Vasco.

Tabla 1. Número de desembarcos en puertos de la costa cantábrica para los cuales disponemos de información sobre la fecha de desembarco y kg de bonito desembarcados por barco. En gris se resaltan los puertos de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
A Coruña										36	37			11
Armintza								55		9	7	11	10	6
Avilés										35	31			41
Bermeo	109	959	1103	891	1176	1153	882	786	553	283	375	472	680	367
Burela										18	69			47
Celeiro											1			
Colindres											2			3
Donostia	25	116	130	92	119	172	133	52	50	37	45	53	68	
Getaria	29	456	479	514	664	844	1052	695	689	503	530	714	820	446
Hondarribia	123	400	544	699	625	713	747	596	525	298	263	415	615	239
Laredo														5
Lekeitio	18	70	42	83	119	74	63	44	22	6	18	24	6	17
Llanes														2
Musel-Gijón										34	34			107
Mutriku	20	84	22	15		8	9		5					14
Ondarroa	27	199	187	188	180	214	228	187	121	91	67	103	149	106
Pasajes	72	49	37	24	45	28	23	14	8	12	15	6	34	33
Santander										9	1			1
Santoña										7	2			11
Santurtzi	2			9	1	4			7	4	12	6	8	14

Los datos han sido depurados y procesados por la Unidad de Servicios de Gestión Integrada de Datos de AZTI Tecnalia y almacenados en la Base de Datos de Pesquerías de AZTI.

- Datos VMS (2000-2012)

Los datos VMS (Vessel Monitoring System) corresponden a los datos recogidos por el Sistema de Localización de Pesqueros Vía Satélite, mediante el cual toda embarcación superior a 12 metros (salvo excepciones) envía información sobre la posición, la velocidad y el rumbo de la embarcación al menos una vez cada 2 horas. La información es recogida por la Subdirección General de Control e Inspección de la Secretaría General de Pesca (Madrid). La información VMS relativa a la flota vasca de curricán y cebo vivo fue enviada a AZTI para su análisis.

La tabla 2 resume los años para los cuales tenemos información sobre los logbooks, desembarcos en puerto y datos VMS. Se puede observar que la disponibilidad de datos no es la misma para las tres fuentes de datos, lo cual limitará la longitud de las series de capturas que construiremos a partir de las mismas.

Tabla 2. Resumen sobre el periodo de años para los cuales se ha dispuesto de datos.

	Periodo disponible
Logbooks	2009-2013
Desembarcos	2000-2013
Datos VMS	2000-2012

4.2 Construcción de las bases de datos de capturas

Para la construcción del fichero de capturas a analizar en este proyecto se ha dispuesto de los tres tipos de fuentes anteriormente citados: diarios electrónicos, ventas en puertos y registros de VMS. La metodología a seguir es la siguiente: primero, los datos de capturas registrados en los logbooks son corregidos según los kilogramos desembarcados durante esa marea por ese buque. Una vez aplicado este factor de corrección, las posiciones de capturas son contrastadas con los datos disponibles en el registro VMS de cada buque. De esta manera construimos una base

de datos donde los datos erróneos (posiciones en tierra, en puertos, capturas fuera del área de trabajo de la flota, o en épocas fuera de la costera...) son eliminados.

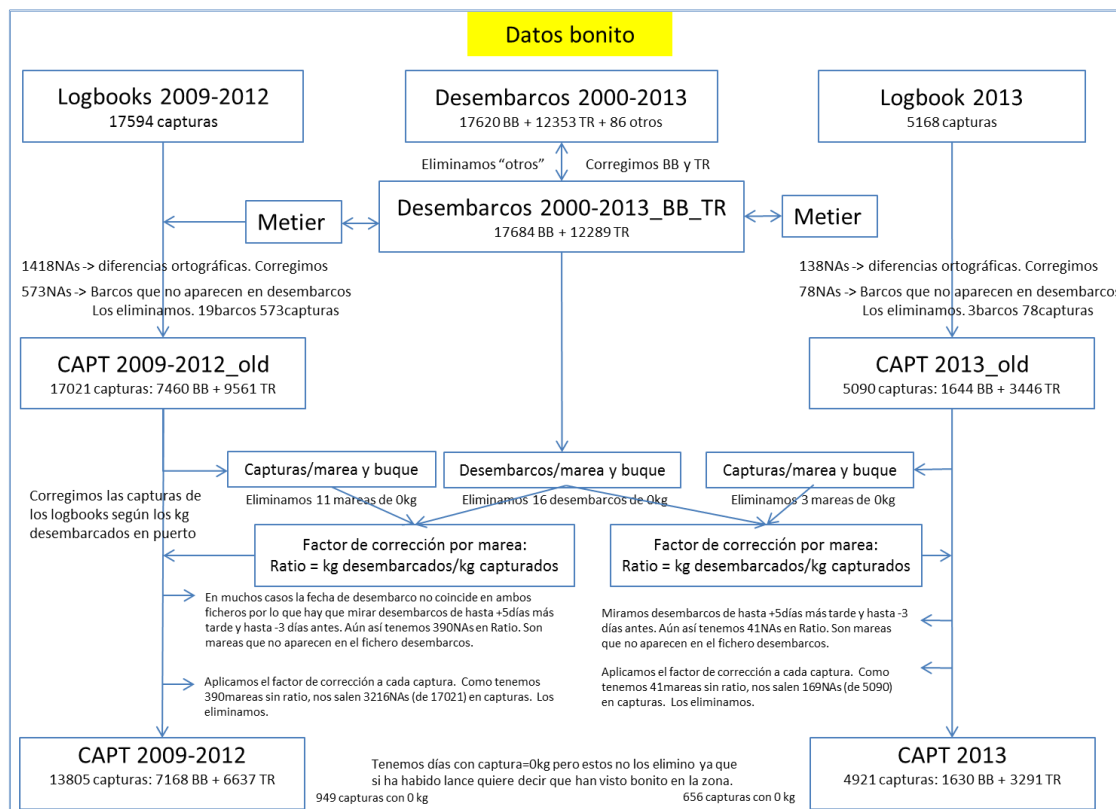


Figura 3. Esquema ilustrativo sobre los pasos seguidos a la hora de corregir las capturas anotadas en los diarios de pesca electrónicos con los kg desembarcados en puerto.

La figura 3 muestra el esquema a seguir a la hora de corregir los datos de capturas de los logbooks con los datos sobre el desembarco de cada barco en puerto. Se puede observar que el volumen de datos final (después de aplicar el factor de corrección) es claramente menor para los datos correspondientes al periodo 2009-2012. Sin embargo, en 2013 seguimos manteniendo un número alto de capturas (4.921 capturas de las 5.168 capturas iniciales) al final de la cadena de corrección. Esto se debe a que para el 2013 disponemos de capturas desembarcadas en puertos fuera de la CAV, mientras que para el resto de años esta información no es completa. Como consecuencia, al corregir los logbooks 2009-2012 con datos de desembarcos, se pierde una gran cantidad de datos de capturas, exactamente el 21% de las capturas disponibles inicialmente: de estos 3.789 datos de capturas, la mayoría (2.924) corresponden a capturas realizadas por la flota de cacea, que son los que

principalmente desembarcan en puertos fuera de la CAV. En comparación con la flota de cebo vivo, los caceros suelen recorrer varias millas hasta sus zonas de pesca por lo que muchas veces descargan en otros puertos de la costa cantábrica.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de datos para los diferentes periodos, así como los objetivos principales de este estudio, a partir de ahora el análisis de datos y como consecuencia los resultados se dividen en dos secciones.

- Estudio del periodo 2009-2012.
- Estudio de la costera del 2013.

4.2.1 Construcción de la base de datos para el periodo 2009-2012

Debido a la falta de datos de desembarcos de fuera de la CAV, para el periodo 2009-2012 se trabajó con los datos de capturas de los diarios electrónicos. Estos datos de logbooks fueron convertidos al formato EFLALO. Por otra parte los datos VMS fueron convertidos al formato TACSAT (Hintzen et al., 2012). Ambos son formatos compatibles para utilizarlos con el paquete VMStools (Hintzen et al., 2012) del programa estadístico R (R Core Team 2013) con el que se realizaron los análisis.

La figura 4 resume los pasos seguidos para la construcción del fichero de capturas 2009-2012. Primero se depuraron registros duplicados y valores atípicos de posición, velocidad, capturas y esfuerzo. A continuación, se procedió a la identificación de la actividad de pesca. Se utilizó la velocidad registrada en las señales VMS para diferenciar las actividades de pesca y de aquellas señales en las que la embarcación estaba inactiva o en ruta. Para el cebo vivo, se consideró que la embarcación estaba pescando cuando mostraba velocidades entre 0 y 1 nudos. Para el curricán, se consideró que el barco estaba pescando con velocidades entre 5 y 7 nudos. Esta decisión se tomó por una parte en base a la frecuencia de velocidades registradas en la base de datos VMS (figura 5) y también después de haber consultado con los mismos pescadores sobre la velocidad a la que suelen pescar y la velocidad de ruta.

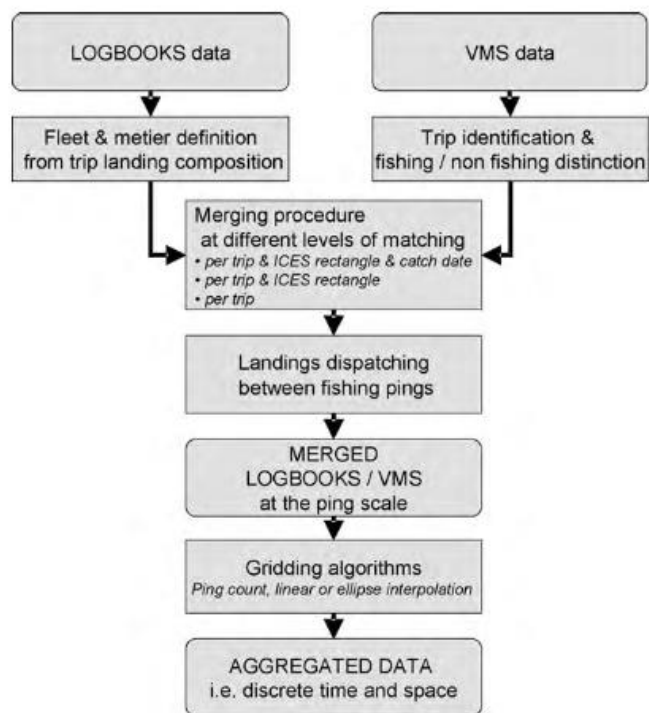


Figura 4. Flujo de trabajo seguido para el cruce entre los datos de los logbooks y los datos registrados en el sistema VMS (Bastardie et al., 2010).

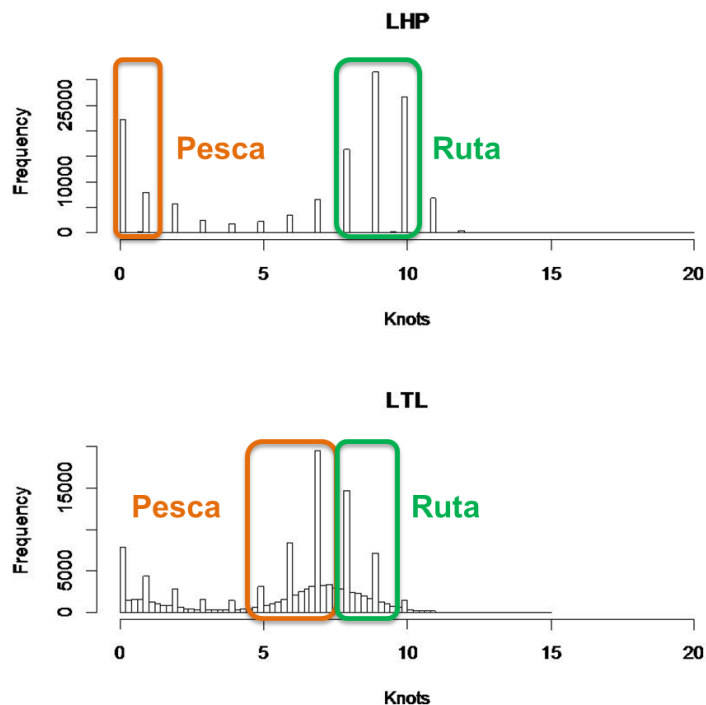


Figura 5. Histograma de frecuencias del rango de velocidades (nudos) utilizada por la flota de cebo vivo (arriba) y cacea (abajo).

La estimación del esfuerzo se realizó para cada señal VMS, calculado como el intervalo de tiempo entre dicha señal y la anterior. Intervalos mayores a 4h fueron eliminados y sustituidos por el esfuerzo medio (Gerritsen y Lordan, 2011).

Después se asignación los datos de capturas de los logbooks a las posiciones VMS registradas para cada barco. El nombre de barco, la fecha y el rectángulo estadístico fueron los campos utilizados para relacionar los archivos VMS con los logbooks. Para cada barco, fecha y rectángulo estadístico, tenemos las señales VMS identificadas como actividad de pesca, y las capturas registradas en los logbooks. Las capturas se distribuyen homogéneamente entre todas las posiciones registradas por el VMS.

Una vez asignados a posiciones VMS, los datos de captura (kg) y esfuerzo (h) fueron agregados en una malla de $0.1 \times 0.05^\circ$ para su representación en el mapa. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se calculó para cada celda de la malla, dividiendo la captura total anual entre el esfuerzo total anual en dicha celda.

4.2.2 Construcción de la base de datos para el periodo 2013

Para el 2013, no estaban disponibles los datos VMS de la flota vasca de bonito. Sin embargo, los datos de ventas en puertos del 2013 incluyen los desembarcos en puertos fuera de la CAV por lo que pudimos utilizar estos datos para cruzarlos con las capturas registradas en los logbooks y así construir el fichero de capturas para el 2013.

Los pasos seguidos se resumen en la figura 3. Del fichero de desembarcos obtenemos información sobre el arte de pesca (cebo vivo o cacea) utilizado por cada barco (fichero Metier) para la pesca del bonito del norte. Después de asignar el tipo de arte a los barcos de los logbooks tenemos 5.090 registros para el 2013, de los cuales 1.644 fueron capturas realizadas por la flota de cebo vivo y 3.446 capturas a cacea. Se calculó el factor de corrección (kg desembarcados/kg capturas) por marea para cada buque, y se aplicó este ratio a cada una de las capturas registradas en los logbooks. Al finalizar, contamos con un fichero de 4.921 capturas (1.630 de cebo vivo y 3.291 de cacea) para la costera del 2013.

4.3 Estudio del hábitat preferencial del bonito: periodo 2009-2012

Para el análisis de este punto se plantearon dos objetivos específicos:

- Por una parte, estudiar la **distribución de las capturas de bonito durante el periodo 2009-2012 y las condiciones oceanográficas influyentes**
- Por otra parte, analizar si la localización de las **capturas de bonito** está relacionada con las **características productivas de la zona**. Para ello, se analizó la batimetría del fondo del mar y también la presencia de las principales presas del bonito.

4.3.1 Estudio de la variabilidad espacio-temporal en las capturas de bonito y las condiciones oceanográficas presentes durante 2009-2012

Con el objetivo de evaluar la variabilidad en la distribución espacial durante la época de pesca del bonito, se han construido mapas anuales de CPUE para los 4 años de estudio, tanto para la flota de cebo vivo como para la flota de cacea. De esta manera hemos podido identificar años y zonas donde las capturas y el esfuerzo de la flota han sido mayores en comparación con otros años y zonas.

Con el objetivo de determinar la influencia de las variables oceanográficas en la distribución espacial de las capturas, se utilizó la metodología denominada “Composites”. Dicha metodología consiste en buscar relaciones causa-efecto entre las variables oceanográficas y las CPUE, como es el caso que nos ocupa. Para ello, se establecen dos umbrales de CPUE “alto” y “bajo” a través de los percentiles 90 y 10, respectivamente. Se seleccionan las fechas cuyo valor de CPUE se encuentra por encima o debajo de los mencionados umbrales, como descriptores de años “buenos” y “malos”. Dichas fechas permiten construir mapas de variables oceanográficas promedio, susceptibles de influenciar las capturas, asociadas a años favorables y desfavorables para las CPUE. Finalmente, se calcula si la diferencia de las medias entre años favorables y desfavorables es estadísticamente diferente de cero. En caso afirmativo, se concluye que la variable oceanográfica en cuestión influencia significativamente la distribución espacial de las CPUE. En este estudio, la técnica de “Composites” se ha utilizado como criterio discriminante para reducir el amplio

espectro de variables oceanográficas susceptibles de influenciar la variabilidad de las capturas.

Para realizar dicho análisis, se seleccionaron como variables susceptibles de afectar la variabilidad de las capturas, la capa de mezcla invernal (WMLD, “Winter Mixed Layer Depth”), la altura de la superficie del mar (SSH, “Sea Surface Height”, una vez corregidos los efectos de la marea astronómica, barómetro invertido, etc.), la temperatura superficial del agua de mar (SST) y la temperatura integrada en los 100 primeros metros en la columna de agua (T 0-100m). Dicha información se obtuvo de la base de datos de reanálisis GODAS, distribuida por NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, a través de su página Web: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.godas.html>. GODAS constituye un análisis en tiempo real y reanálisis de datos oceánicos con resolución temporal mensual y espacial de 0,333° y 1° de latitud y longitud, respectivamente. Dichos datos se extienden desde 1980 hasta la actualidad con cobertura mundial. También se ha hecho uso de los datos de SST provenientes de la base “NOAA Optimum Interpolation (OI) SST V2”, distribuidos también por NOAA/OAR/ESRL PSD a través de: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html#detail>. Dichos datos tienen una resolución temporal mensual y espacial de 1x1°, con cobertura mundial desde 1980 hasta la actualidad. Además, para este ejercicio en concreto se utilizaron datos de CPUE de la flota española y francesa de curricán por ser una serie temporal más larga (1930-2011) y así poder identificar años donde las CPUEs han sido buenas y malas. Estos datos hemos obtenido de la evaluación del stock de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT).

Una vez seleccionadas las variables oceanográficas que determinan, en parte, la variabilidad de las capturas, se realizó un análisis de Funciones Empíricas Ortogonales (EOF) previo a la aplicación de un Análisis de Correlaciones Canónicas (CCA) (Barnett and Preisendorfer, 1987). EOF es una técnica para eliminar la información redundante con la mínima pérdida de variabilidad. Esta técnica descompone la información original en una componente espacial y otra temporal. El conjunto de datos se proyecta en un nuevo espacio, donde las nuevas variables

representan aquellas direcciones donde los datos tienen mayor varianza. Los componentes principales resultantes son ortonormales en el espacio, no correlacionados y representan fracciones decrecientes de varianza. Posteriormente, se aplicó un análisis CCA a las variables resultantes del paso previo. Dicha técnica consiste en determinar los modos lineales dominantes de covariabilidad entre dos conjuntos de datos (predictor y predictando). Es decir, consiste en buscar variables canónicas, como combinación lineal de los dos conjuntos de variables originales, tal que la correlación entre ambas variables se maximice. Para este último análisis se han utilizado datos de CPUE de la flota vasca de cacea y cebo vivo para los años 2009-2013.

4.3.2 Estudio de la distribución de las capturas de bonito y las características productivas de la zona

La información batimétrica de la zona de estudio se obtuvo de la base de datos global de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html>). La base de datos utilizada es ETOPO1 con una resolución espacial de 0,0166667 grados. Con esta información hemos estimado el índice de preferencia batimétrica, con la cual podemos estimar la preferencia del bonito por una profundidad determinada. Es decir, calculamos el ratio entre la suma de capturas realizada en aguas de una determinada profundidad y la disponibilidad de esa profundidad en la toda la zona de estudio.

Como ejemplo, la figura 6 muestra el índice de preferencia batimétrica de todas las capturas registradas durante 2009-2012. Es importante subrayar que mientras que una gran parte de las capturas se han realizado en aguas de alrededor de 4500 metros de profundidad (gráfico central), el índice nos muestra que en proporción a la disponibilidad de las diferentes zonas batimétricas, las capturas son realizadas preferentemente en aguas de 4500-5000 metros de profundidad y sobre todo en aguas de alrededor de 1000 metros de profundidad. Este análisis nos va a permitir estudiar si las capturas están asociadas a zonas de determinadas características batimétricas. El índice se ha calculado para cada año y para cada mes, para poder hacer comparativas entre años y ver si hay una tendencia estacional.

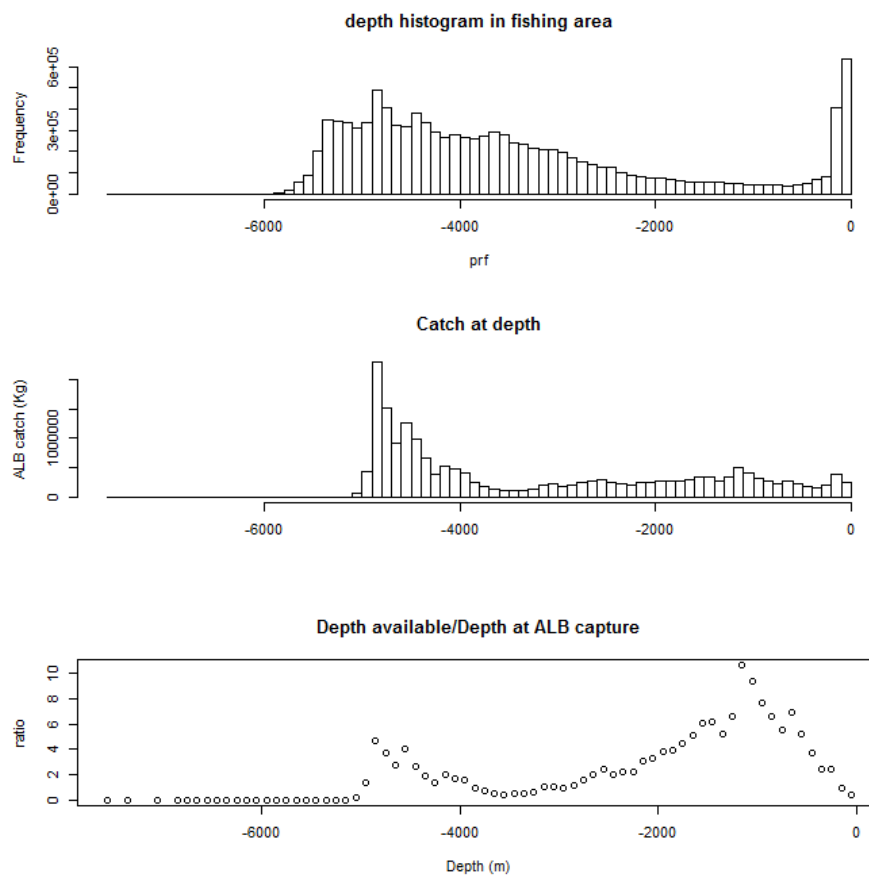


Figura 6. Arriba, rango y frecuencia de las distintas profundidades que podemos encontrar en la zona de estudio. En el centro, histograma que muestra las capturas de bonito realizadas en aguas de distintas profundidades. Abajo, el ratio que muestra la preferencia por zonas con determinada profundidad.

Además para poder realizar la comparativa con un índice numérico, hemos calculado el índice de balance que refleja si en una determinada época las capturas tienen lugar en zonas oceánicas o por el contrario están relacionadas con el talud. De esta manera fijamos una profundidad de referencia (3500m) y calculamos la suma del índice de preferencia batimétrica por encima de esta profundidad, le restamos la suma del índice de preferencia batimétrica por debajo de esta profundidad y lo dividimos por la suma de los ratios (figura 7). Si el balance es positivo el periodo estudiado se caracteriza por capturas relacionadas con el talud y por el contrario, si el balance es negativo ese periodo se caracteriza por capturas más oceánicas.

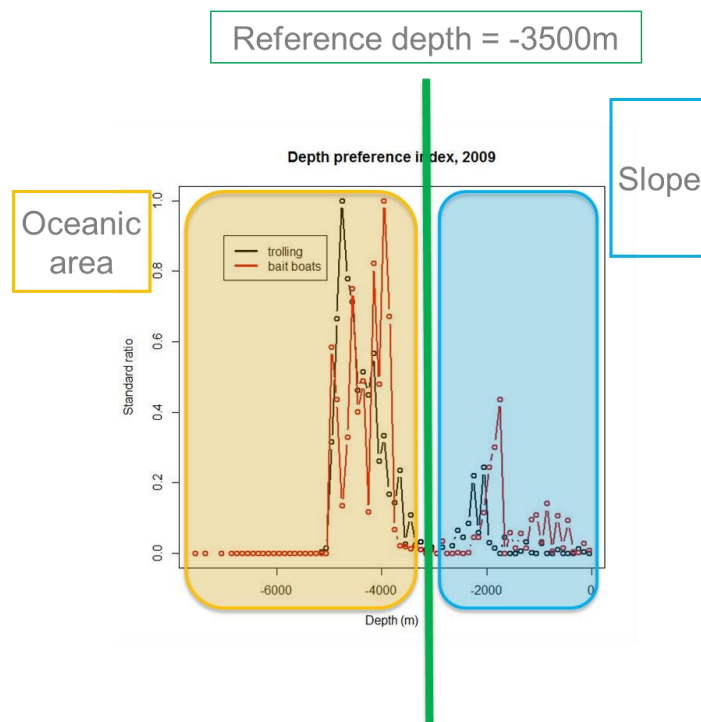


Figura 7. Esquema ilustrativo que explica los parámetros utilizados en el cálculo del índice de balance.

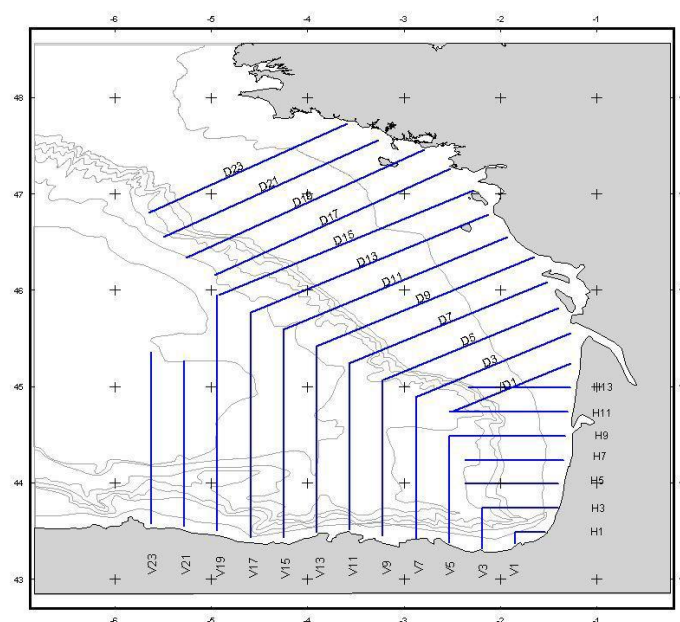


Figura 8. Área muestreada durante la campaña acústica JUVENA, que tiene lugar todos los años en septiembre, en el Golfo de Vizcaya.

Y por último hemos recopilado información sobre la abundancia de anchoa durante los años de estudio de este trabajo. Para ello, se utilizaron las estimaciones de biomasa de anchoa juvenil de la campaña anual JUVENA (Boyra et al., 2013). Esta campaña acústica de anchoa juvenil tiene como objetivo determinar anualmente la abundancia y distribución de anchoa juvenil en otoño en el Golfo de Vizcaya (figura 8). Como hemos mencionado anteriormente la anchoa es un alimento importante para la dieta del bonito en el Golfo de Vizcaya y utilizando los datos de la campaña JUVENA podemos estudiar la distribución y abundancia del bonito en conjunto con la distribución y abundancia de la anchoa juvenil en septiembre. Es durante este mes cuando tiene lugar el muestreo de anchoa y además las capturas de bonito suelen estar confinados al sudeste del golfo.

Utilizando los datos de biomasa de anchoa se construyeron varios modelos GAM (generalized additive models) con el objetivo de analizar si la variabilidad en los CPUEs de bonito viene explicada por la variabilidad en la biomasa de anchoa. Además de la biomasa de anchoa, también se utilizaron como predictores del modelo el tipo de arte utilizado en la pesca y el año como factor. Primero, se analizaron los predictores por separado.

Por otra parte, los modelos se construyeron basados en diferentes escalas (tabla 3) siguiendo el método utilizado por Lezama et al., 2010. Partimos de los datos asociados a las capturas (escala 1) y posteriormente se definieron otras dos escalas mayores para estudiar si con más datos (pero menor resolución espacial) obteníamos mejores modelos. Es importante subrayar que la escala solo afecta a la variable biomasa de anchoa (por unidad de integración acústica: esdu). Los GAMs se construyeron en base a la familia Gamma y con la función enlace Log.

Tabla 3. Resumen de las diferentes escalas espacio-temporales consideradas en los modelos GAMs.

	Resolución espacial	Resolución temporal
Escala 1	0,40 grados (44 km)	6 días
Escala 2	0,50 grados (56 km)	8 días
Escala 3	1,00 grados (111 km)	10 días

4.4 Estudio de la distribución del bonito y las condiciones oceanográficas durante los meses de verano del 2013

Para el análisis de este punto el estudio se realizó a dos escalas:

- **Migración estacional del bonito:** se estudió la variabilidad interanual de las condiciones oceanográficas y su influencia en la abundancia y/o distribución del bonito.

Hipótesis: el reclutamiento del bonito está relacionado con las variaciones en el índice de la corriente del Golfo (GSI).

Hipótesis: el desplazamiento de las capturas de bonito en el Atlántico nordeste están relacionadas con las condiciones oceanográficas de la zona.

- **Distribución espacial del bonito dentro del Golfo de Vizcaya:** se estudió si la distribución de las capturas de bonito podrían estar relacionadas con condiciones oceanográficas particulares asociadas a remolinos.

Hipótesis: las estructuras oceanográficas de mesoescala pueden favorecer la presencia de juveniles de bonito dentro del Golfo de Vizcaya.

4.4.1 Migración estacional del bonito

Para comprobar si el reclutamiento del bonito está relacionado con el índice de la corriente del Golfo se estudió por una parte la variabilidad interanual del índice GSI y por otra parte se analizó la relación entre la variabilidad interanual del reclutamiento y las diferentes fases del índice GSI. Los datos sobre el índice GSI están disponibles en www.pml-gulfstream.org.uk (Taylor et al., 1998). La serie de reclutamiento de bonito se ha obtenido de la última evaluación del stock de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT, 2013).

Además, hemos analizado la distribución de las capturas de bonito. Se han representado las capturas de bonito sobre mapas mensuales y semanales de temperatura superficial, para comprobar si el bonito sigue un rango óptimo de temperatura en su migración hacia aguas del golfo. Se han utilizado datos de

temperatura superficial del mar producidos por Puertos del Estado con el modelo NEMO (www.myocean.eu). Asimismo, se ha analizado la distribución del bonito conjuntamente con las condiciones energéticas semanales en las zonas de las capturas. Los datos de EKE (energía cinética turbulenta) han sido calculados a partir de datos altimétricos producidos por Ssalto/Duacs y distribuidos por Aviso, con el soporte de la agencia espacial francesa (CNES) (<http://www.aviso.oceanobs.com/duacs/>). Por último, hemos representado las posiciones de capturas de bonito sobre mapas mensuales de concentración de clorofila (MODIS Aqua Chl-a mapped (L3), <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>)

4.4.2 Distribución espacial del bonito dentro del Golfo de Vizcaya

En verano de 2013 AZTI realizó una campaña oceanográfica de dos meses (llamada GESSEB) en el sudeste del Golfo de Vizcaya.

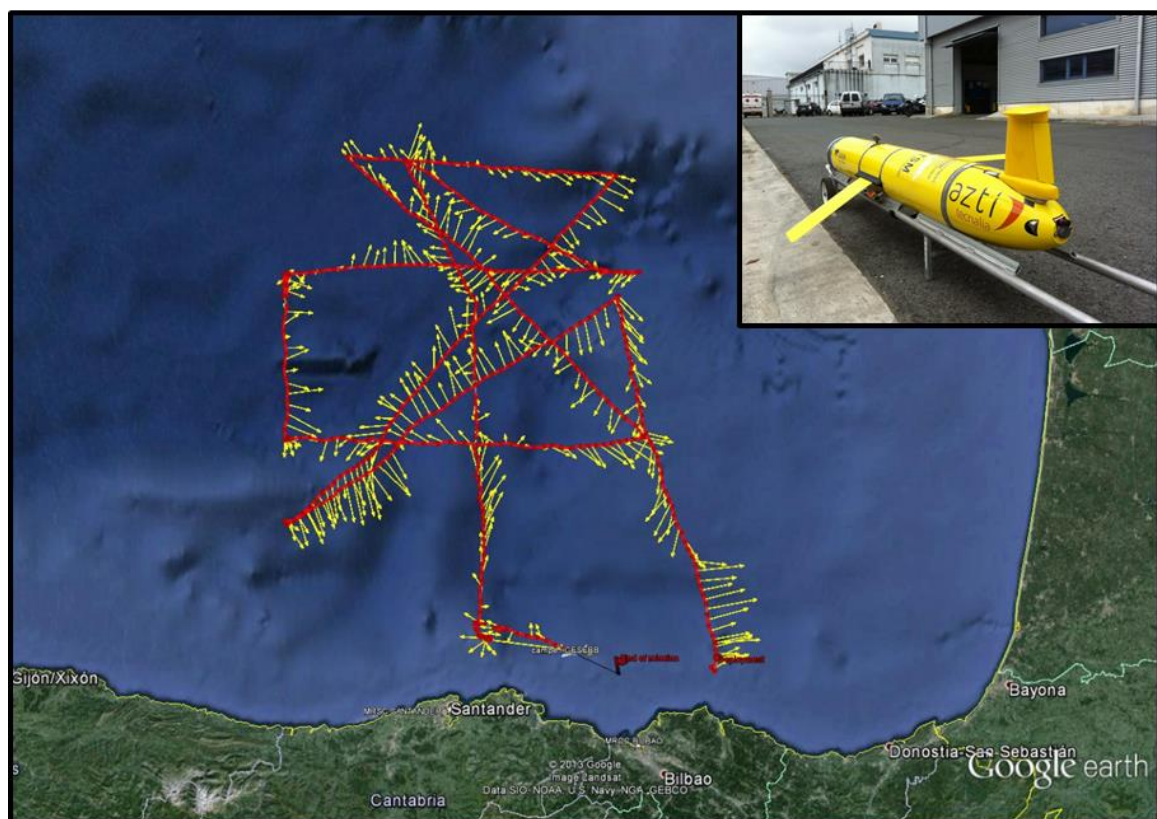


Figura 9. Zona muestreada por el glider (campaña GESEBB) durante el periodo 23julio-24septiembre, en el sudeste del Golfo de Vizcaya. Arriba a la derecha se muestra el prototipo utilizado durante la campaña.

Durante esta campaña se ha tenido la oportunidad de muestrear la zona desde la costa hasta el 45°N y entre el 4°30'O y el 2°30'O, desde el 23 de julio al 24 de septiembre, coincidiendo con los meses centrales de la costera de bonito. Se utilizó un planeador submarino (glider) de tipo Slocum-1000, equipado con un CTD y sensores de oxígeno disuelto y fluorescencia-turbidez. Además, durante la campaña se obtuvieron también imágenes de satélite de altimetría, temperatura superficial del mar (AVHRR 1km) y concentración de clorofila (MODIS 1km).

Caracterización hidrográfica de la zona de estudio de la campaña GESEBB

Con los datos obtenidos en la campaña GESEBB se ha podido caracterizar oceanográficamente la superficie del mar como la columna de agua y estudiar si su estructura vertical influye en la presencia/ausencia de bonito o en la capturabilidad de esta especie por los diferentes artes de pesca. Hemos podido estudiar los siguientes puntos:

1. Rangos de temperatura y salinidad (en superficie y subsuperficie)
2. Profundidad del máximo de fluorescencia y variabilidad
3. Análisis de la estructura de la columna de agua para la obtención de información sobre la profundidad e intensidad de la termoclina.

Para el análisis de la profundidad de la capa de mezcla, durante un periodo concreto de la campaña GESEBB (23 julio 2013-1 septiembre 2013) se han tomado los perfiles verticales de temperatura de 0 a 1000 m de profundidad medidos por el glider y se ha corregido un error típico “Thermal lag” en las medidas de CTD a bordo de este instrumento. A partir de cada uno de estos perfiles corregidos se ha estimado la profundidad de la capa de mezcla a partir de 3 métodos distintos:

- Isoterma 15:

Localización, en cada perfil de temperatura, de la profundidad en la que la temperatura es igual a 15°C (siguiendo el criterio utilizado en el proyecto IM11ECOMET, Goikoetxea et al., 2012).

- Método del gradiente

Localización, en cada perfil de temperatura, de la profundidad en la que la diferencia térmica con respecto a la temperatura existente a 10 m de profundidad es igual a 1°C (p. ej. Nencioli et al., 2008).

- Método de la función logística

El método consiste en ajustar los perfiles verticales a una función matemática sencilla (función logística), que permite estimar el espesor de la capa de mezcla aproximándolo al punto de inflexión. La función logística presenta un punto de inflexión simétrico que es fácilmente identificable tras el cálculo de su primera derivada, ya que coincide su máximo (Alvera-Azcarate et al. 2008).

Estudio de la distribución horizontal de las capturas de bonito durante los meses de verano y su relación con los remolinos en la zona.

Para finalizar hemos estudiado la distribución horizontal de las capturas de bonito que han tenido lugar en verano del 2013 en zonas cercanas muestreadas por el glider. El objetivo ha sido analizar si las capturas de bonito han tenido lugar en zonas oceanográficamente particulares por la presencia del remolino.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de los datos de captura

Los datos utilizados en este estudio (capturas durante 2009-2013) muestran una distribución espacial diferente en cuanto a capturas de bonito por parte de ambas flotas.

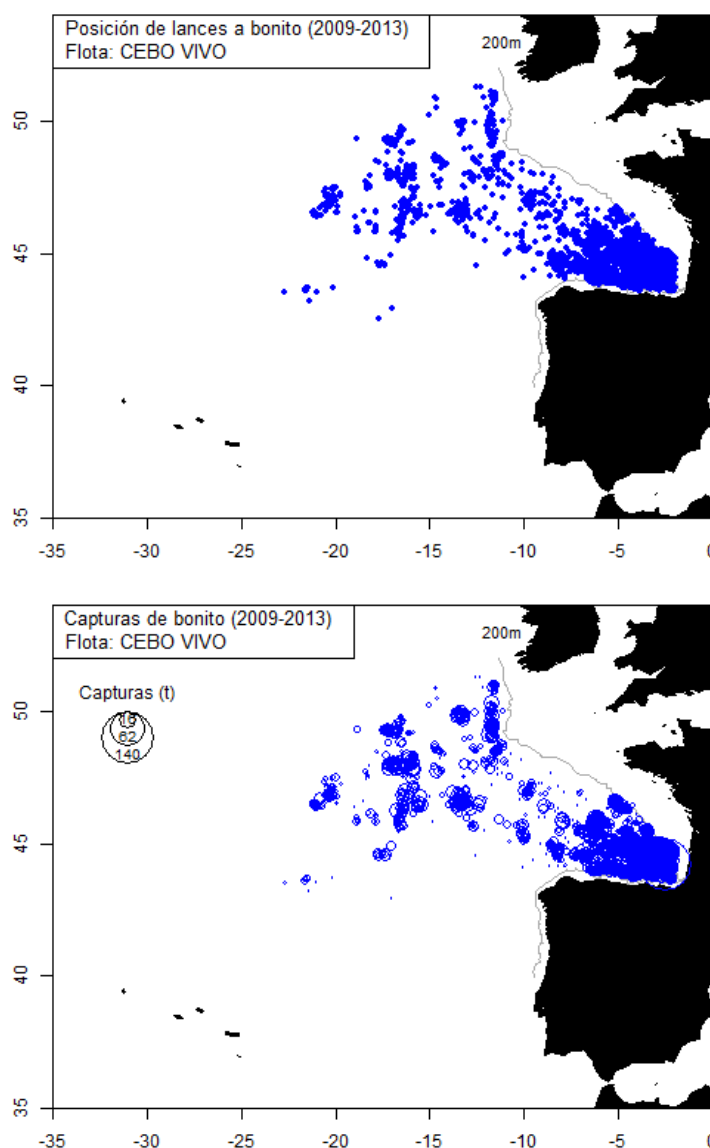


Figura 10. Distribución de las capturas de bonito de la flota de cebo vivo durante las costeras 2009-2013, según la información obtenida a partir de los campos latitud y longitud de la captura de los diarios electrónicos de pesca.

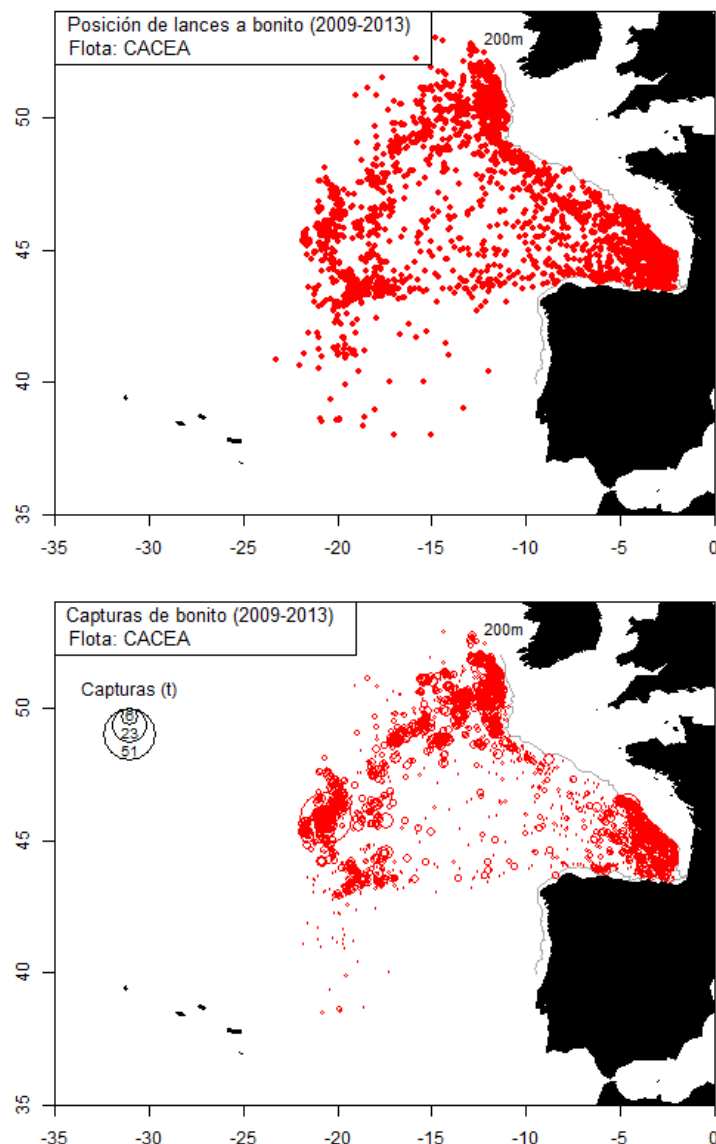


Figura 11. Distribución de las capturas de bonito de la flota de cebo vivo durante las costeras 2009-2013, según la información obtenida a partir de los campos latitud y longitud de la captura de los diarios electrónicos de pesca.

Si analizamos la información latitud-longitud extraída de los diarios electrónicos vemos que hay diferencias. La flota de cebo vivo sobre todo trabaja dentro del Golfo de Vizcaya. Sin embargo, en ocasiones esta flota tiene que salir a aguas oceánicas a faenar tal y como muestra la figura 10. En cuanto a toneladas, las capturas realizadas dentro del golfo son más importantes que aquellas capturas de aguas oceánicas. Para la flota de cacea la zona rastreada es bastante más amplia (figura 11). Esta flota recorre más millas en busca de bonito: empieza a faenar en aguas

cercanas a las islas Azores y llega hasta Irlanda en busca de bonito. En cuanto a las toneladas capturadas durante estos años podemos diferenciar 3 zonas importantes: la zona alrededor de 45°N-20°O, la zona de Irlanda y el cantil de la plataforma francesa dentro del Golfo de Vizcaya.

Con la información de la posición exacta (latitud y longitud) sobre el punto donde ha tenido lugar la pesca, obtenemos una valiosa información sobre las zonas trabajadas por la flota vasca de bonito, que nos posibilita realizar comparaciones espacio-temporales. Sin embargo, cuando representamos los puntos centrales de los rectángulos ICES donde ha tenido lugar la captura, la información sobre la variabilidad espacial se pierde (figura 12).

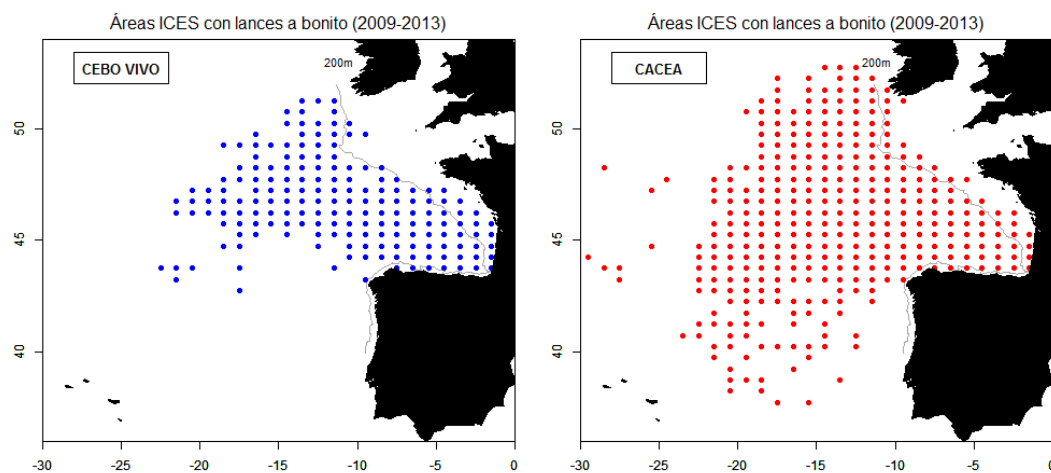


Figura 12. Distribución de las capturas de bonito durante las costeras 2009-2013, según la información obtenida a partir de los rectángulos estadísticos ICES de los diarios electrónicos de pesca.

En este caso tenemos que representar la suma de los bonitos capturados por rectángulo o el promedio de kg capturados por km² para poder observar diferencias espaciales.

En la figura 13 vemos que para la flota de cebo vivo el Golfo de Vizcaya es una zona importante de capturas de bonito. Sin embargo podemos observar que cuando han tenido que realizar salidas a aguas oceánicas, las capturas por lance han sido bastante exitosas.

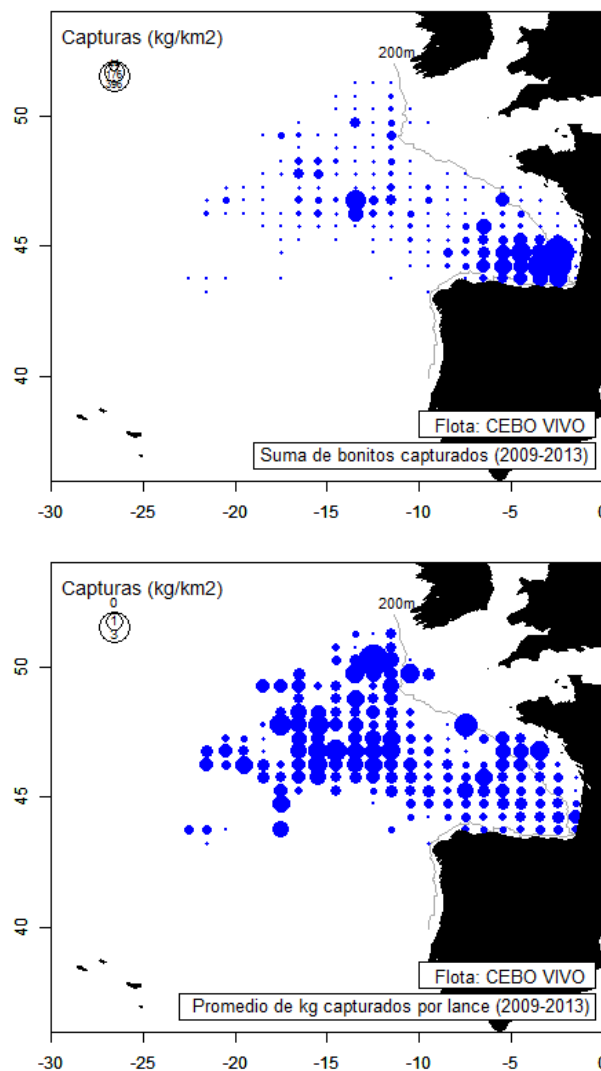


Figura 13. Capturas de bonito por la flota de cebo vivo por rectángulo ICES. Arriba se muestra la suma de las capturas por rectángulo para todo el periodo y abajo la media de kg capturados por lance en cada rectángulo ICES.

En cuanto a la flota de cacea diferenciamos dos zonas de pesca, dentro y fuera del golfo (figura 14). Sin embargo, los lances que han realizado en aguas oceánicas y en la zona del sur de Irlanda han sido más exitosos en cuanto a kg capturados.

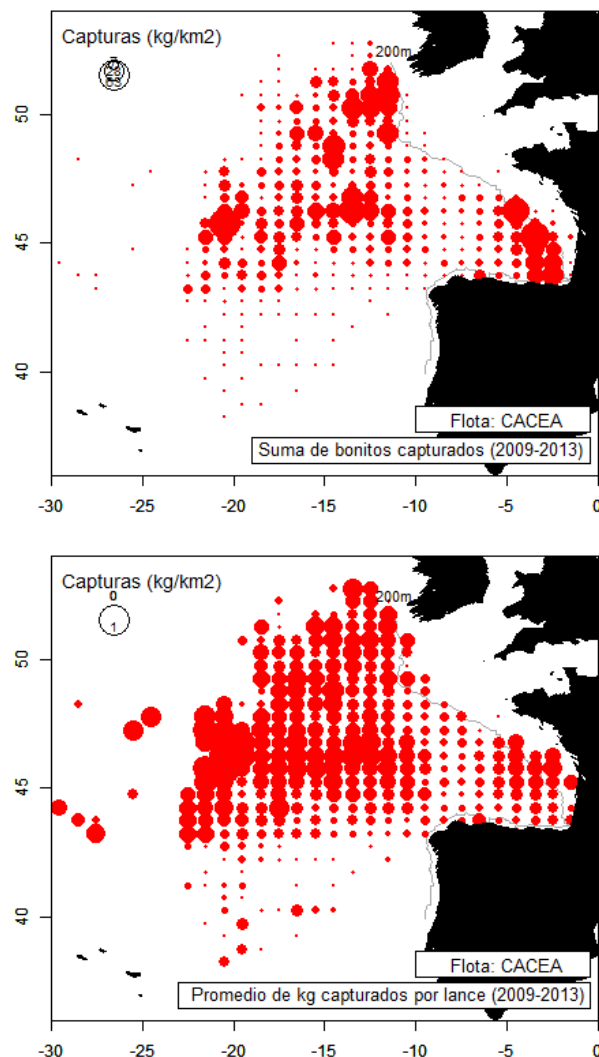


Figura 14. Capturas de bonito por la flota de cebo vivo por rectángulo ICES. Arriba se muestra la suma de las capturas por rectángulo para todo el periodo y abajo la media de kg capturados por lance en cada rectángulo ICES.

En los diarios electrónicos disponemos de información espacial de las capturas realizadas por las flotas pesqueras. Como hemos visto, esta información puede venir dada como posición latitud-longitud del lance, o como código del rectángulo estadístico ICES donde ha tenido lugar el lance. Si bien, la primera información es más exacta, no disponemos de este tipo de información para todos los lances (sólo tenemos 8.972 capturas con información latitud-longitud de la posición del lance). Sin embargo, en 21.600 capturas sabemos el rectángulo estadístico ICES donde han tenido lugar esas capturas, por lo que a pesar de perder precisión en cuanto a la localización de la pesca, tenemos muchísima más información sobre las capturas

registradas durante ese mismo periodo. Como consecuencia, según la finalidad de cada estudio se puede optar por utilizar uno u otro tipo información. En el marco de este proyecto, para el estudio del periodo 2009-2012 hemos optado por utilizar la información sobre el rectángulo ICES como información de la localización de las capturas, ya que de esta manera contamos con un mayor número de lances. Sin embargo, para el estudio de la costera del 2013 y la relación de la distribución espacial de las capturas con estructuras mesoescalares y zonas frontales, se ha optado por utilizar la localización exacta de las capturas.

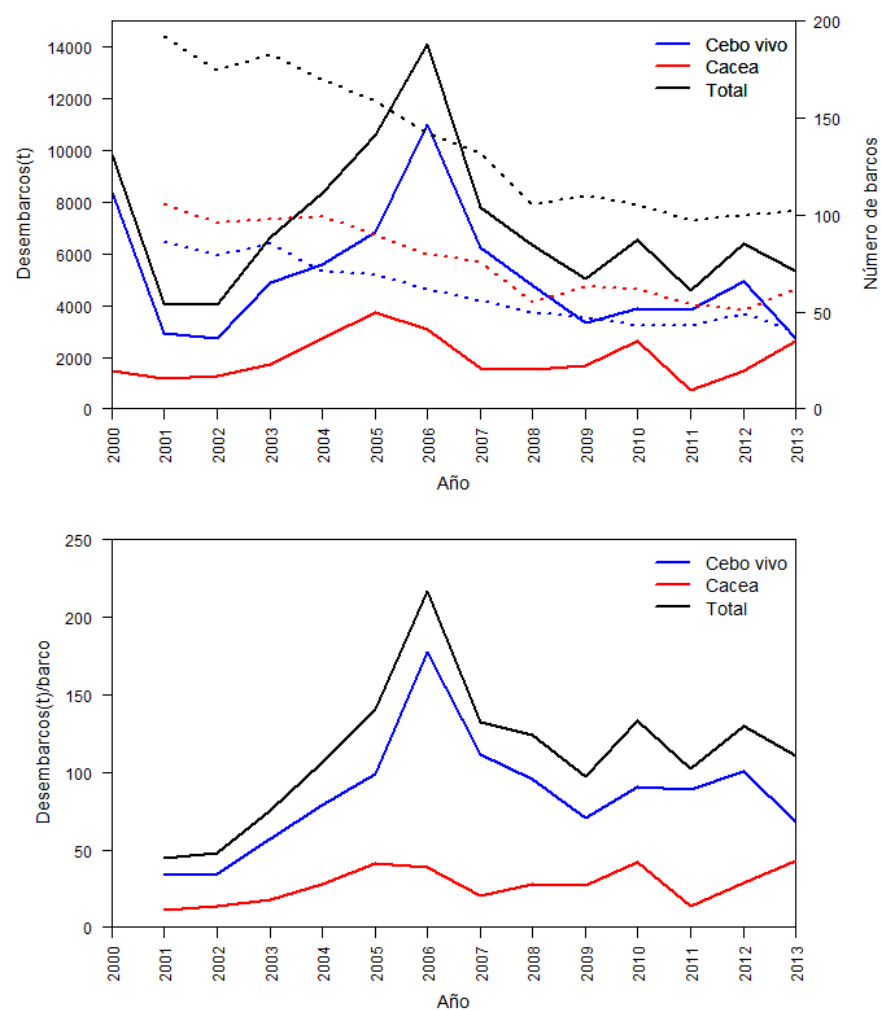


Figura 15. Desembarcos de bonito por la flota de cebo vivo (azul) y cacea (rojo) de los barcos citados en la tabla 1.

Otra diferencia entre el periodo 2009-2012 y el año 2013 en cuanto a la información disponible se refiere a los desembarcos en puertos. A pesar de que para años

anteriores apenas disponemos información sobre los desembarcos que han tenido lugar fuera de la CAV, en el caso del 2013 tenemos información de ventas en puertos de la costa cantábrica fuera de la CAV. Esta información sobre los kg desembarcados en puertos es de gran utilidad para corregir las estimaciones de las capturas que los pescadores hacen durante la marea y registran en los diarios de abordó.

La gráfica de la figura 15 nos muestra que a pesar de que el número de barcos que componen la flota vasca ha ido disminuyendo durante la última década, las toneladas desembarcadas en puertos no muestra una tendencia tan clara a excepción de la variabilidad interanual. Cabe destacar la gran cantidad de toneladas desembarcadas en 2006, que fueron sobre todo las capturadas por la flota de cebo vivo.

5.2 Estudio del hábitat preferencial del bonito: periodo 2009-2012

5.2.1 Estudio de la variabilidad espacio-temporal en las capturas de bonito y las condiciones oceanográficas presentes durante 2009-2012

Si analizamos la distribución espacial de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota de cebo vivo durante 2009-2012 (figura 16) vemos que esta flota sobre todo realiza sus capturas dentro del Golfo de Vizcaya. Sin embargo, cabe destacar que en las zonas fuera del golfo donde ha habido lances, las CPUEs han sido mayores. Sobre todo destacad la zona situada entre 46-47°N y 15-13°O.

Por el contrario, la flota de cacea recorre una zona mucho más amplia en busca de bonito (figura 17), destacando sobre todo las zonas oceánicas, desde las Islas Azores hasta las aguas al sur de Irlanda. Coincidiendo con la flota de cebo vivo, los caceros también registraron CPUEs altos en la zona 46-47°N y 15-13°O.

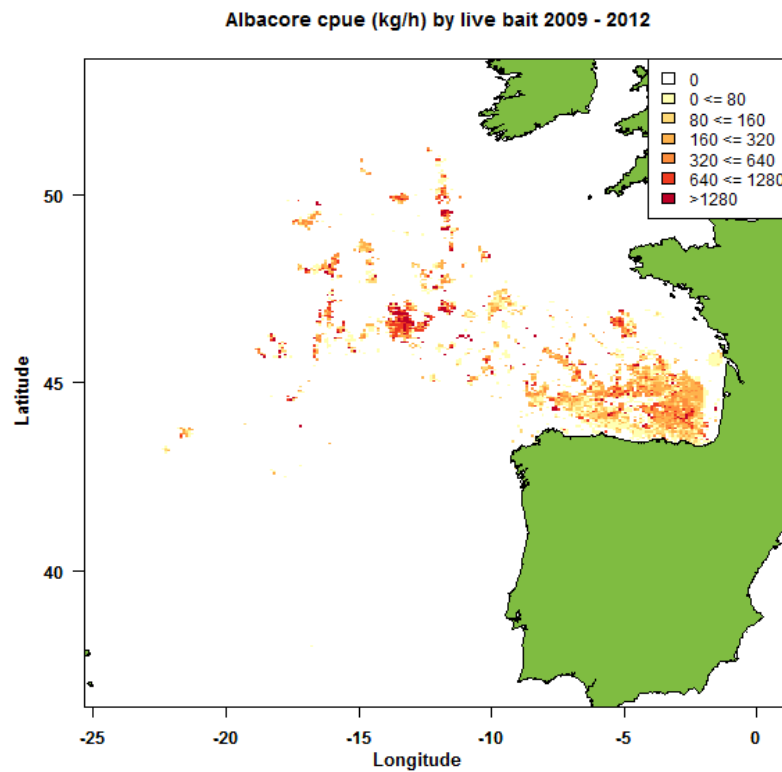


Figura 16. Distribución espacial de CPUE de bonito capturado por la flota de cebo vivo durante 2009-2012.

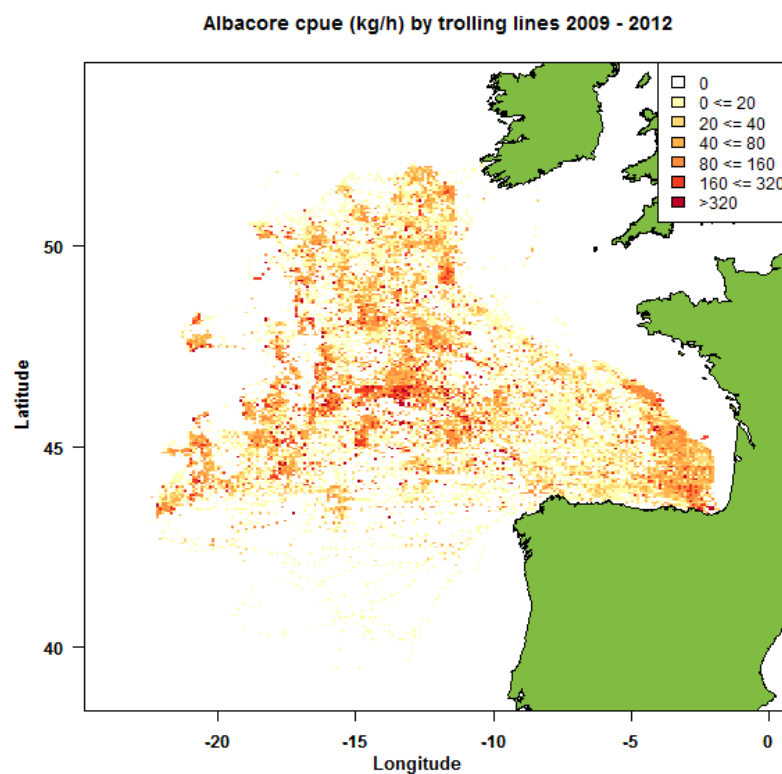


Figura 17. Distribución espacial de CPUE de bonito capturado por la flota de cacea durante 2009-2012.

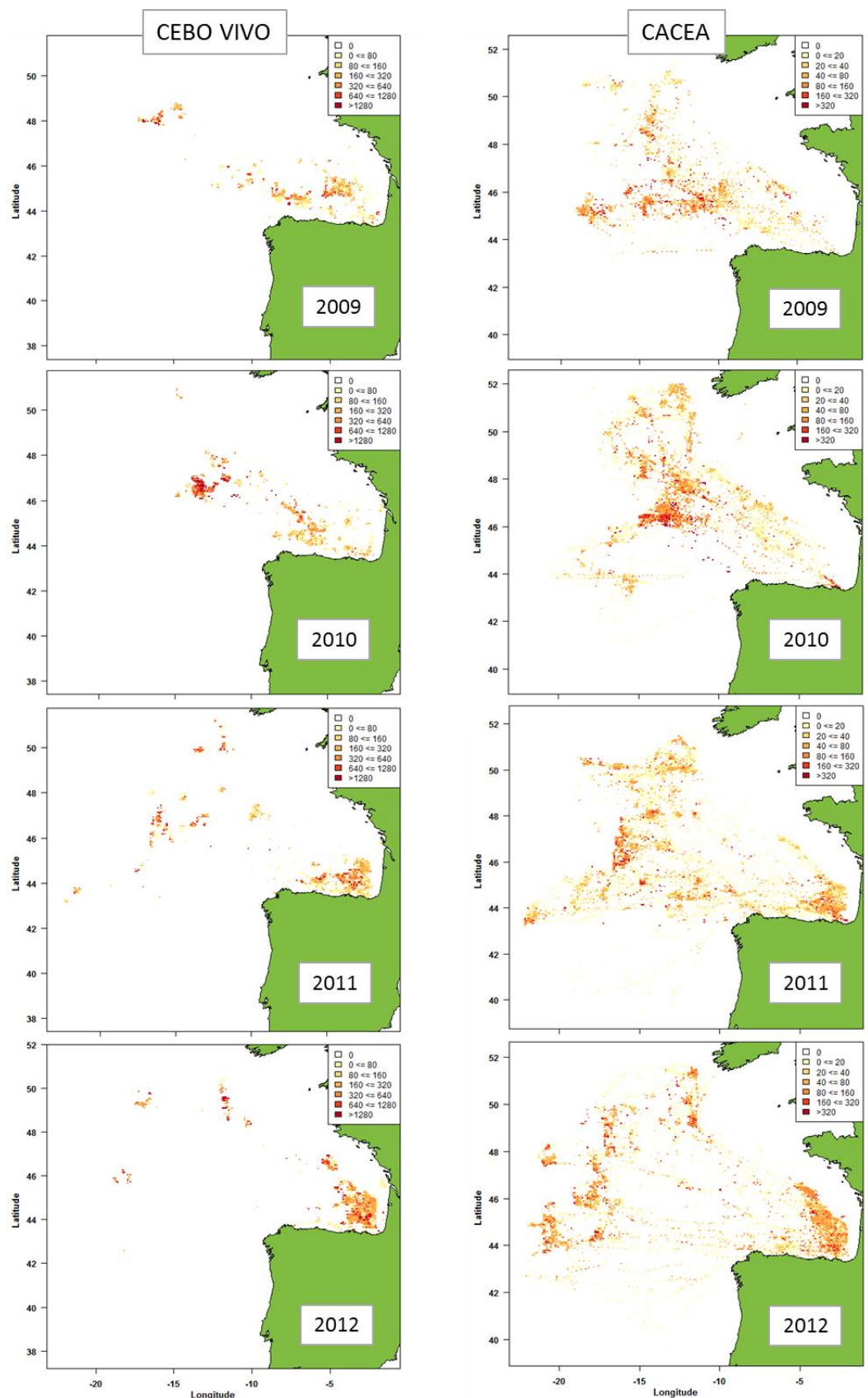


Figura 18. Distribución anual de CPUE de bonito durante 2009-2012.

Cuando representamos los CPUEs por año (figura 18), vemos claramente que el año en el que las capturas han sido importantes en la zona 46-47°N y 15-13°O ha sido 2010 para ambas flotas; cabe destacar que para cebo vivo las capturas han tenido lugar ligeramente más al norte mientras que la flota de cacea ha trabajado más al sur, pero siempre en la misma zona.

Otro de los aspectos importantes a resaltar es que en 2011 y 2012 ha habido una gran cantidad de capturas dentro del Golfo de Vizcaya, mientras que en 2009 y 2010 esas zonas no registraron apenas capturas. En el 2009 por ejemplo, se cree que el flujo de agua dulce proveniente del río Garona puede haber transportado larvas o juveniles de anchoa hacia aguas oceánicas, y como consecuencia pudo haber afectado la distribución de bonito, que durante ese año no se acercó mucho al talud (Reverdin et al., 2013). En una revisión realizada con datos de capturas de la flota irlandesa del periodo 2003-2012, ya se habla de un desplazamiento del esfuerzo pesquero del Golfo de Vizcaya al sudoeste de Irlanda (Cosgrove et al., 2013). Estos autores indican que este cambio geográfico del esfuerzo de la flota, puede ser debido a un cambio en la migración del bonito el cual se desplazaría directamente a aguas costeras del sudoeste de Irlanda, en vez de entrar en el Golfo de Vizcaya.

Con el objetivo de poder entender este tipo de diferencias espacio-temporales, se ha realizado el análisis de las funciones Empíricas y el Análisis de Correlaciones Canónicas. Pero para ello primero se ha tenido que trabajar con Composites de diferentes parámetros oceanográficos. A continuación pasamos a mostrar los resultados.

Como se ha mencionado anteriormente, se ha realizado un análisis de composites entre las CPUE de cacea del Atlántico Norte (flota española y francesa, figura 19) y las variables SST, Temperatura promedio de los 100 primeros metros, SSH y capa de mezcla invernal. A continuación se muestran únicamente los resultados estadísticamente significativos correspondientes a la temperatura de los 100 m superficiales y a SSH (Figura 20). Para el resto de casos, SST y capa de mezcla invernal, se concluye que dichas variables no inciden significativamente en la variabilidad espacio-temporal de las capturas de bonito.

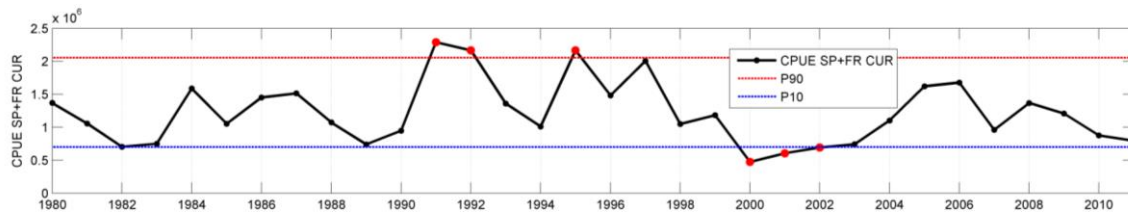


Figura 19. Serie de CPUE de cacea junto con percentiles 90 y 10 para el periodo 1980-2011.

En la figura 19 se observa que los años favorables en términos de CPUE son 1991, 1992 y 1995, mientras que los años desfavorables corresponden al periodo 2000-2002. Estos grupos de años muestran estructuras promedio diferenciadas y estadísticamente significativas en términos de temperatura integrada en la columna de agua y altura de la superficie del mar (figura 20).

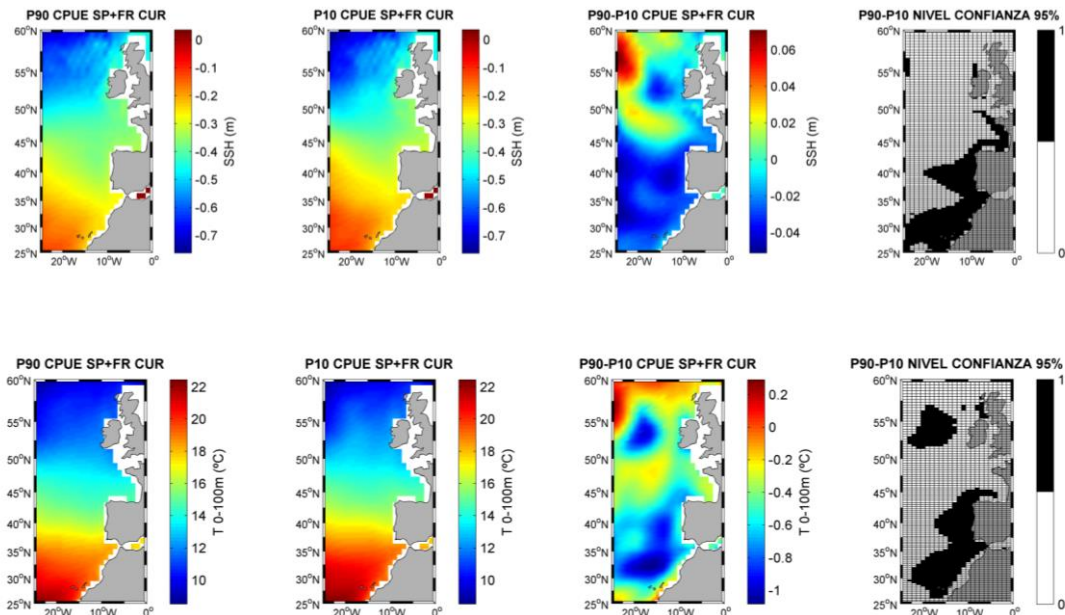


Figura 20. En el panel superior (de izquierda a derecha) se muestra la SSH Junio-Octubre promediada para los años favorables, la SSH Junio-Octubre para los años desfavorables, la diferencia entre ambas y las posiciones en las que la diferencia de las medias es estadísticamente significativa en negro (p -valor=0.05). En el panel inferior se muestran los mismos resultados para el caso de la temperatura integrada en los primeros 100 metros (T 0-100m).

Sin embargo, cabe destacar que estas variables no son significativamente diferentes entre años favorables y desfavorables en todo el dominio de estudio. La zona donde las diferencias son significativas corresponde al talud continental y, en parte, a la cuenca abisal de la costa africana, península Ibérica y costa francesa (en este caso

únicamente para la SSH), donde tanto la temperatura promedio y la SSH son significativamente menores en años favorables. También existe una zona al oeste de las islas británicas donde la temperatura promedio es significativamente menor en años favorables en comparación con los años desfavorables.

La razón por la cual valores significativamente menores de temperatura integrada y de SSH pudiesen influenciar la capturabilidad del bonito es desconocida y requeriría de un estudio exhaustivo de las condiciones oceanográficas de los dos grupos de años para extraer resultados más concluyentes. Sin embargo, debemos tener en cuenta que este análisis se ha realizado basado en la serie de CPUEs de la flota de cacea, flota que empieza la costera de bonito cerca de las Islas Azores. Con el avance de la temporada de bonito las capturas van desplazándose hacia el norte hasta llegar hacia aguas del golfo. Esta migración del bonito coincide bastante bien con la zona marcada en negro en la figura 20. Además las zonas costeras de la península ibérica son áreas bastante importantes de afloramiento de aguas profundas más frías y ricas en nutrientes. Esta puede ser una razón por la que las diferencias entre años favorables y desfavorables sea significativo en cuanto a la temperatura integrada en los 100 primeros metros. Además, los resultados sugieren que la zona significativamente diferente (sobreada en negro en la figura 20) muestra aguas más frías en años favorables y valores negativos de la elevación del nivel del mar. De esta forma, tendríamos una franja de contraste térmico y altimétrico en el borde oeste de esta zona sonbreada, previsiblemente rica en nutrientes debido al afloramiento costero, que podría ser favorable para la migración del bonito hacia aguas del golfo. Tal y como Sund y colaboradores (1981), concluyeron que la migración del bonito está bien definida en aquellas ocasiones donde tenemos presencia de frentes bien definidas. Además indican que la posibilidad de alimentación es un factor que influye la ruta migratoria de esta especie. Como conclusión añaden que la migración viene definida por las preferencias térmicas de la especie y la disponibilidad de alimentos.

Debido a la ausencia de datos oceanográficos observacionales para esos años, se ha procedido a aplicar una metodología independiente (EOF y CCA), para la cual se han utilizado datos de capturas procedentes de otras fuentes (capturas por rectángulo

estadístico ICES). Dicho análisis se ha aplicado al periodo de tiempo comprendido entre 2009 y 2013.

Como se ha mencionado en el apartado de metodología, se ha realizado un análisis EOF para extraer los modos principales de variabilidad tanto de las variables oceanográficas como de las capturas por rectángulo ICES para el periodo Junio-Octubre entre 2009 y 2013. El objeto de este análisis consiste en comprimir la información y filtrar posibles errores en los datos. Una vez extraídos los modos principales de variabilidad, se realizó un análisis CCA cuyo objetivo consiste en buscar unas nuevas variables, como combinación lineal de los dos conjuntos de modos principales obtenidos a través del análisis EOF, tal que la correlación entre ambas variables se maximice. Las variables predictoras son tanto la temperatura integrada en la columna de agua como la altura de la superficie del mar, mientras que el predictando (variable dependiente) lo constituyen las capturas por rectángulo ICES para el periodo Junio-Octubre 2009-2013.

Tabla 4. Resultados del análisis EOF-CCA entre las capturas por rectángulo ICES y las variables predictoras altura de la superficie del mar (SSH) y temperatura integrada en los primeros 100 metros (T 0-100m) para el periodo Junio-Octubre 2009-2013.

VARIABLES	Correlación canónica	p-valor	Varianza (Variable oceanográfica)	Varianza Explicada (Capturas)
SSH	0,84	0,020	26%	27%
T 0-100m	0,85	0,003	14%	28%

En la tabla 4 se puede observar, que las variables canónicas obtenidas a partir de la información original representan el 26-27% de la variabilidad de la SSH y las capturas y, muestran una correlación altamente significativa de 0,84. De igual forma, las variables canónicas representan el 14% y 28% de la varianza de la T 0-100m y las capturas y correlacionan significativamente con un coeficiente de correlación de 0,85. Estos mismos resultados se presentan en la figura 21 para un análisis visual.

Las variables canónicas en si carecen de significado ya que son el resultado de pre-filtrar la variabilidad de las variables originales tal que la correlación entre ellas se maximice. Sin embargo, cabe destacar que ambos análisis (Composites y EOF-CCA) confirman que tanto la SSH como la temperatura promedio afectan la variabilidad de las capturas de bonito. El estudio de dichas interacciones requiere de un análisis exhaustivo y detallado basado en series oceanográficas observacionales y/o simulaciones numéricas, quedando su estudio abierto a futuras investigaciones.

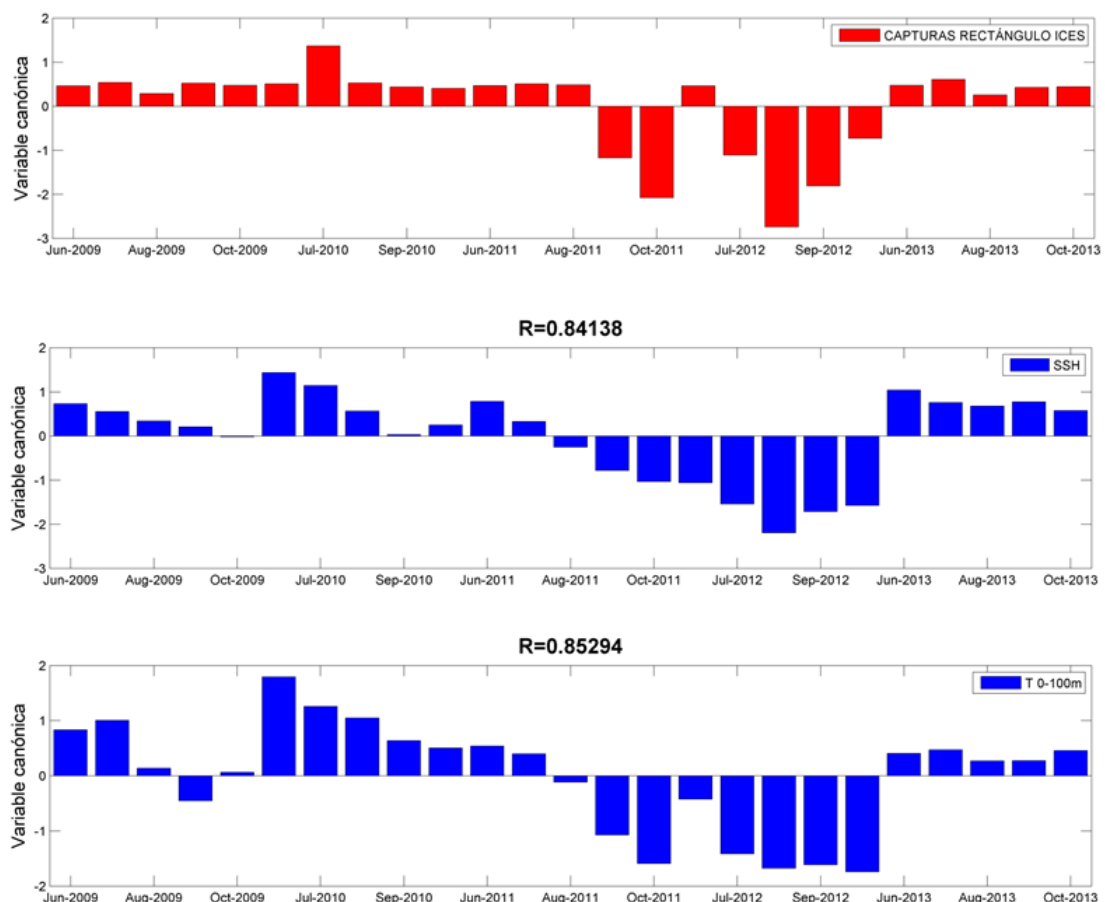


Figura 21. Variables canónicas para las capturas por rectángulo ICES, temperatura promedio de los 100 primeros metros de la columna de agua y altura de la superficie del mar para el periodo comprendido entre Junio y Octubre 2009-2013, junto con los coeficientes de correlación canónica.

5.2.2 Estudio de la distribución de las capturas de bonito y las características productivas de la zona

La figura 22 muestra el índice de preferencia batimétrica para cada uno de los años de estudio (2009-2012) en base a las diferentes profundidades que encontramos en la zona de pesca de la flota vasca.

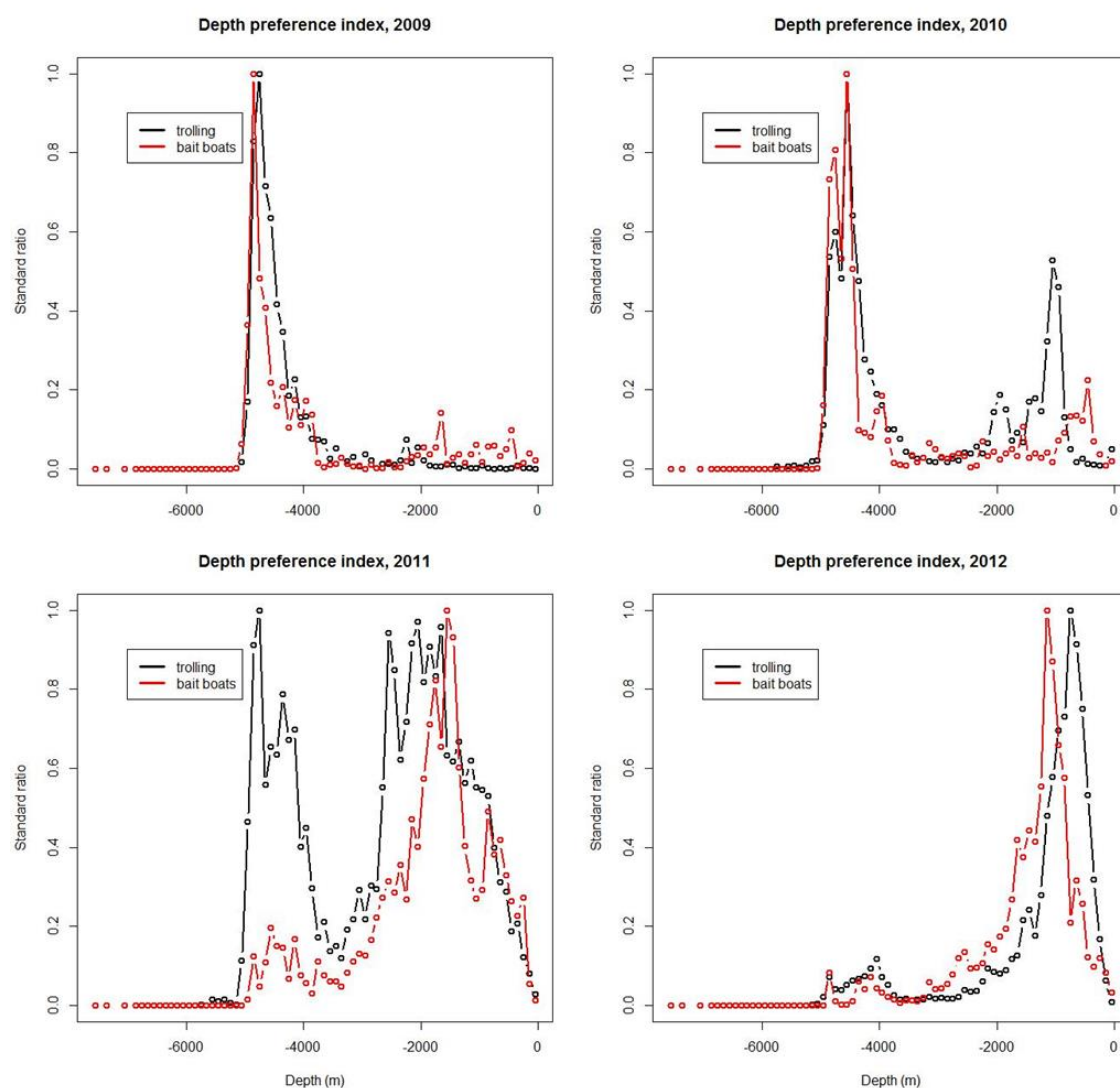


Figura 22. Índice de preferencia batimétrica para los diferentes años estudiados.

Se puede observar claramente que el patrón es distinto en todos los años. La diferencia más marcada está en los años 2009 y 2012 ya que 2009 se caracteriza por ser un año oceánico, mientras que durante 2012 las capturas han tenido lugar en fondos oceánicos menos profundos. Este patrón se repite para ambas flotas. Sin embargo, 2010 y 2011 son diferentes para las dos flotas. Mientras que en 2010 las capturas de cebo vivo han sido sobre todo en zonas más oceánicas, las capturas por la flota de cacea han tenido lugar tanto en aguas oceánicas como en zonas menos profundas. Seguramente nos estemos refiriendo a la zona del talud del sur de Irlanda. En 2011 por otra parte, mientras que para la flota de cacea seguimos diferenciando ambas zonas (oceánica y cercana al talud), para la flota de cebo vivo las capturas han sido realizadas en aguas relacionadas con el talud.

Para visualizar las capturas sobre un mapa batimétrico y analizar las diferentes zonas de pesca, hemos seleccionado aquellas posiciones de las figuras 16 y 17 donde las CPUEs han sido mayores de 1280kg/h para cebo vivo y mayores de 320kg/h para cacea. Los mapas (figura 23) nos muestran que para CPUEs altas, cuando las capturas han sido en aguas oceánicas, la localización de estas capturas ha estado relacionada a la isobata de 4500 m. Esta observación es más clara en el año 2010 donde hay una agregación de capturas tanto de cebo vivo como de cacea sobre una zona de menos de 4500m de profundidad en la zona oceánica (alrededor de la 47°N-13°O). En el resto de años, también observamos capturas asociadas con la línea negra que representa zonas con 4500m de profundidad. En 2011 y 2012, tenemos capturas dentro del Golfo de Vizcaya y vemos que estas capturas están situadas sobre el cantil.

Con esta figura vemos que las zonas donde tenemos las CPUEs más altas son zonas características en cuanto a batimetría. En la zona oceánica, por ejemplo, en áreas de grandes profundidades, las capturas están situadas sobre todo sobre promontorios submarinos, mientras que dentro del Golfo de Vizcaya, las CPUEs más altas las situamos relacionadas al talud. Como se ha mencionado en el apartado de Introducción, se han identificado varias pesquerías relacionadas con montes submarinos. En la zona costera de California las capturas se localizan sobre montes submarinos o bancos (Sund et al., 1981). En nuestro caso concreto hemos visto que

también tenemos capturas relacionadas con estas estructuras topográficas, tanto en la zona oceánica como dentro del golfo. La relación con estas estructuras tiene explicación en las características productivas de las mismas. Son hábitats de enriquecimiento local y abundancia de alimento donde las especies pelágicas pueden alimentarse. Así la esquina sureste del golfo es conocida por la gran concentración de fitoplancton y presencia de especies pelágicas como la anchoa.

Por otra parte, los montes submarinos pueden ser utilizados como zonas de descanso además de áreas para alimentarse. Este puede ser el caso de la zona de agregación de capturas del año 2010, donde los bonitos han podido permanecer para descansar en su migración hacia aguas del sur de Irlanda.

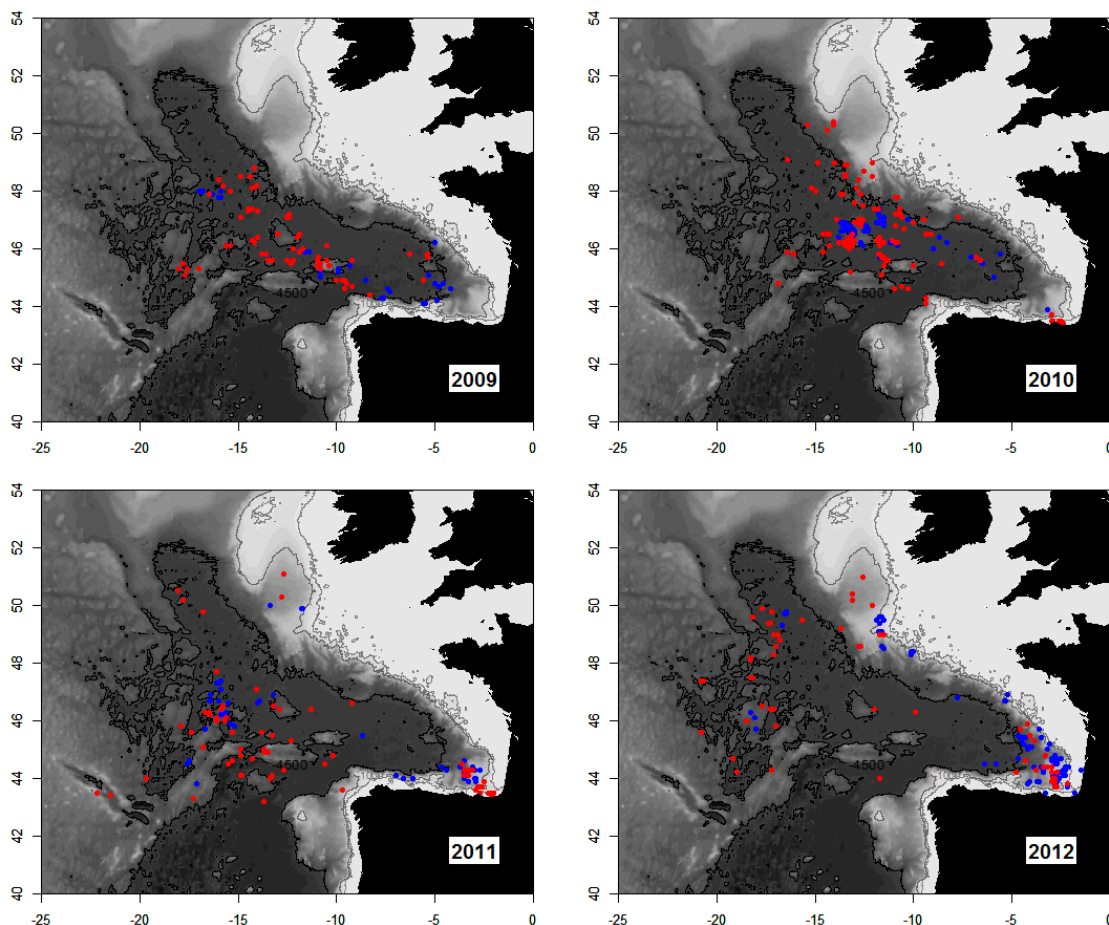


Figura 23. Localizaciones de CPUEs altos (>1280kg/h para cebo vivo y >320kg/h para cacea) sobre la batimetría de la zona.

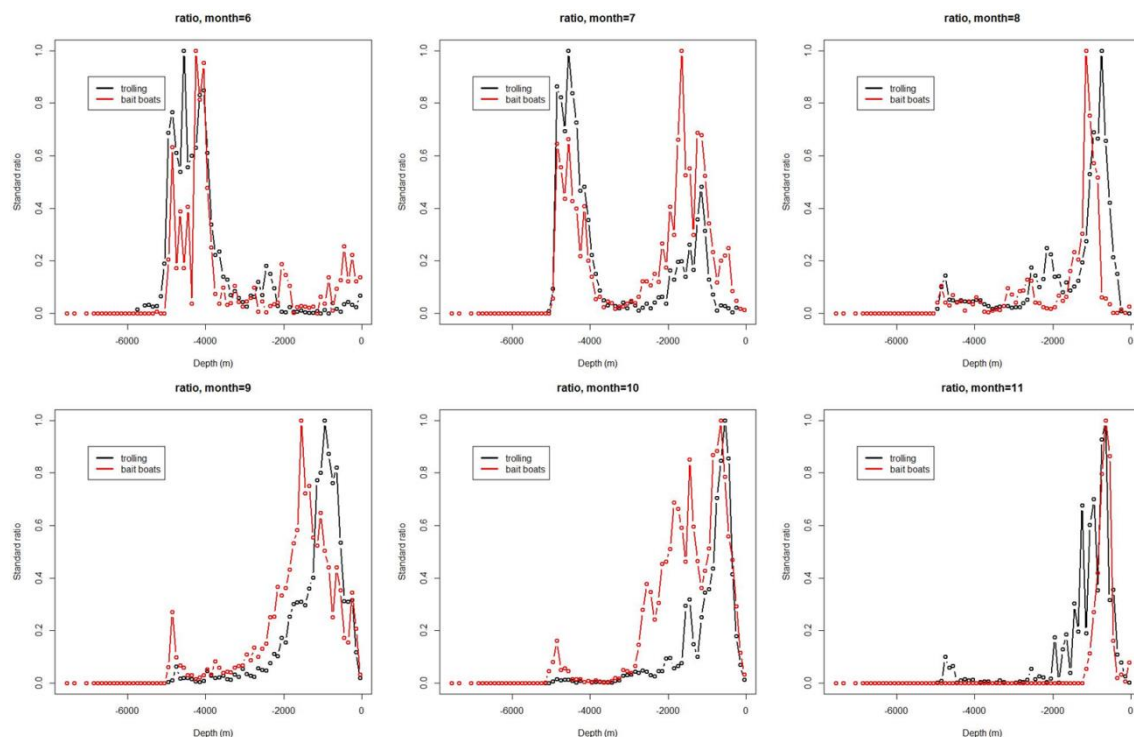


Figura 24. Índice de preferencia batimétrica mensual para los diferentes años estudiados.

Si miramos la distribución mensual de las capturas según la profundidad (figura 24), se ve claramente que según avanza la costera, las capturas se van desplazando a zonas más someras. Empezamos la costera (junio) en aguas oceánicas para ambas flotas. En julio hay dos zonas de pesca diferenciadas, zona más oceánica y zona con menor profundidad, donde sobre todo se dan las capturas a cebo vivo. A partir agosto las capturas tienen lugar en zonas cercanas al talud. El hecho de que las capturas de curricán se hayan registrado a mayores profundidades puede ser que estas capturas sean las del talud de Irlanda, mientras que las capturas a cebo vivo en zonas un poco más profundas se refieran a zonas dentro del golfo.

Según la distribución de las capturas que hemos visto en las gráficas de la figura 24, hemos diferenciado dos épocas dentro de la costera: Junio-Agosto (en teoría época más oceánica) y Agosto-Octubre (en teoría zona más cercana a la plataforma). Tomando como referencia la profundidad de 3500 m (punto intermedio entre los dos picos del índice de preferencia batimétrica) hemos calculado el índice de balance para poder comparar ambas partes de las costeras. La tabla 5 muestra los resultados del índice de balance para cada uno de los años de estudio y ambas flotas.

Tabla 5. Valores del índice de balance entre preferencias por zonas de talud o aguas oceánicas, durante la primera (junio-agosto) y segunda (agosto-octubre) parte de la costera del bonito (periodo 2009-2012).

		2009	2010	2011	2012
Junio-Agosto	Cebo vivo	-0.50	-0.67	0.46	0.73
	Cacea	-0.70	-0.54	0.34	0.95
Agosto-Octubre	Cebo vivo	-0.65	-0.27	0.95	0.97
	Cacea	-0.36	0.39	0.79	0.95

La diferencia en distribución de capturas sólo es apreciable en 2010 y quizá 2011 (figura 25). Mientras que 2009 fue un año claramente “oceánico” (índice de balance negativo), 2011 y 2012 fueron años donde las capturas han estado relacionadas con el talud (índice de balance positivo). De hecho, en la figura 18 hemos visto que gran parte de las capturas en 2011 y 2012 sobre todo se dieron dentro del golfo. La diferencia está en 2010, cuando para las capturas de curricán si diferenciamos una primera parte de más oceánica y una segunda parte de la costera que tuvo lugar en zonas de talud.

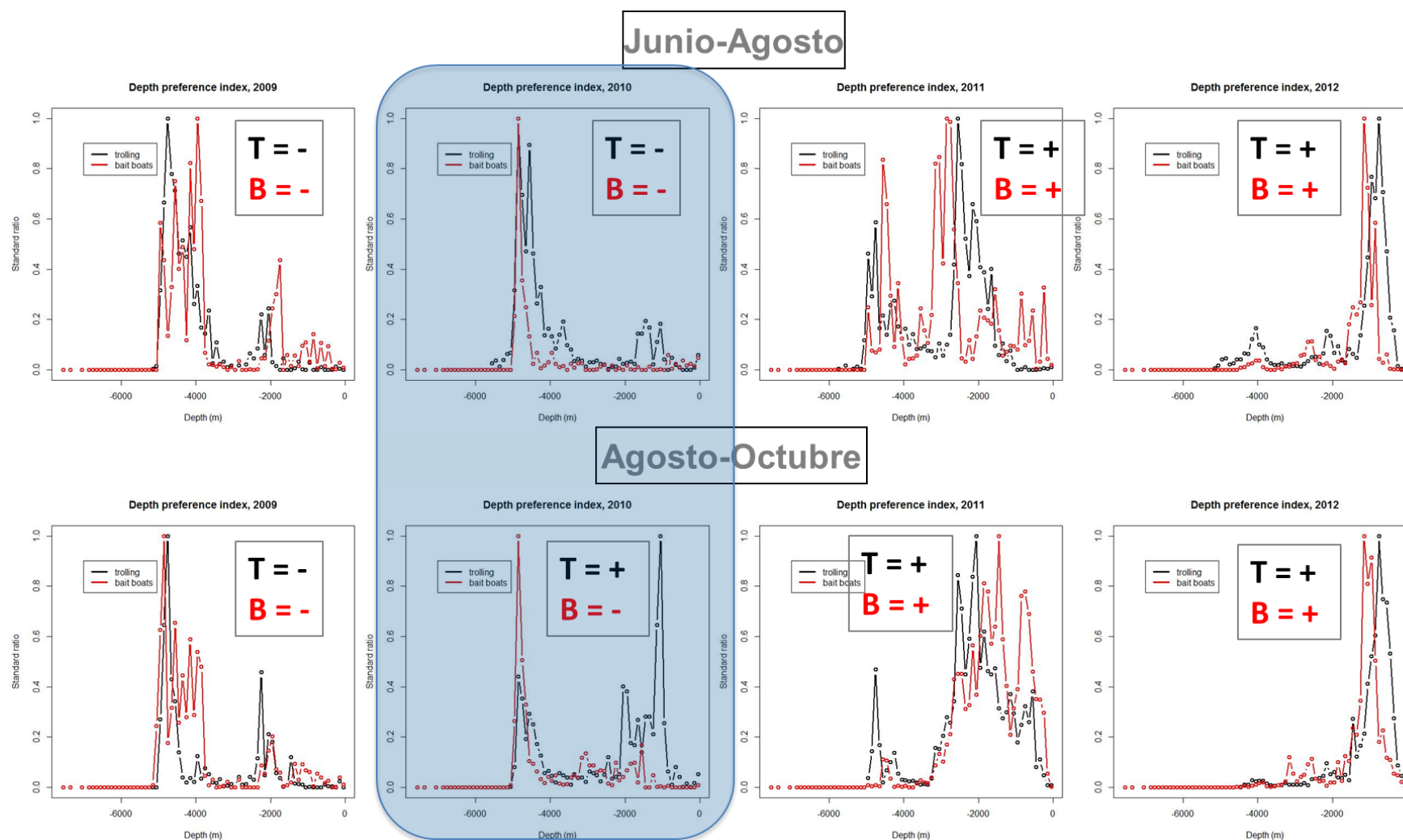


Figura 25. Índice de preferencia batimétrica anual para la primera (Junio-Agosto) y segunda (Agosto-October) parte de la costera de bonito. En los recuadros se muestra el signo del índice de balance para cada flota (T, cacea y B, cebo vivo).

Por último, mostramos los resultados de la distribución de la biomasa de anchoa estimada en las campañas JUVENA de los años 2009-2012 y la distribución de las capturas que han tenido lugar en la zona muestreada durante la campaña en el mes de septiembre (figura 26).

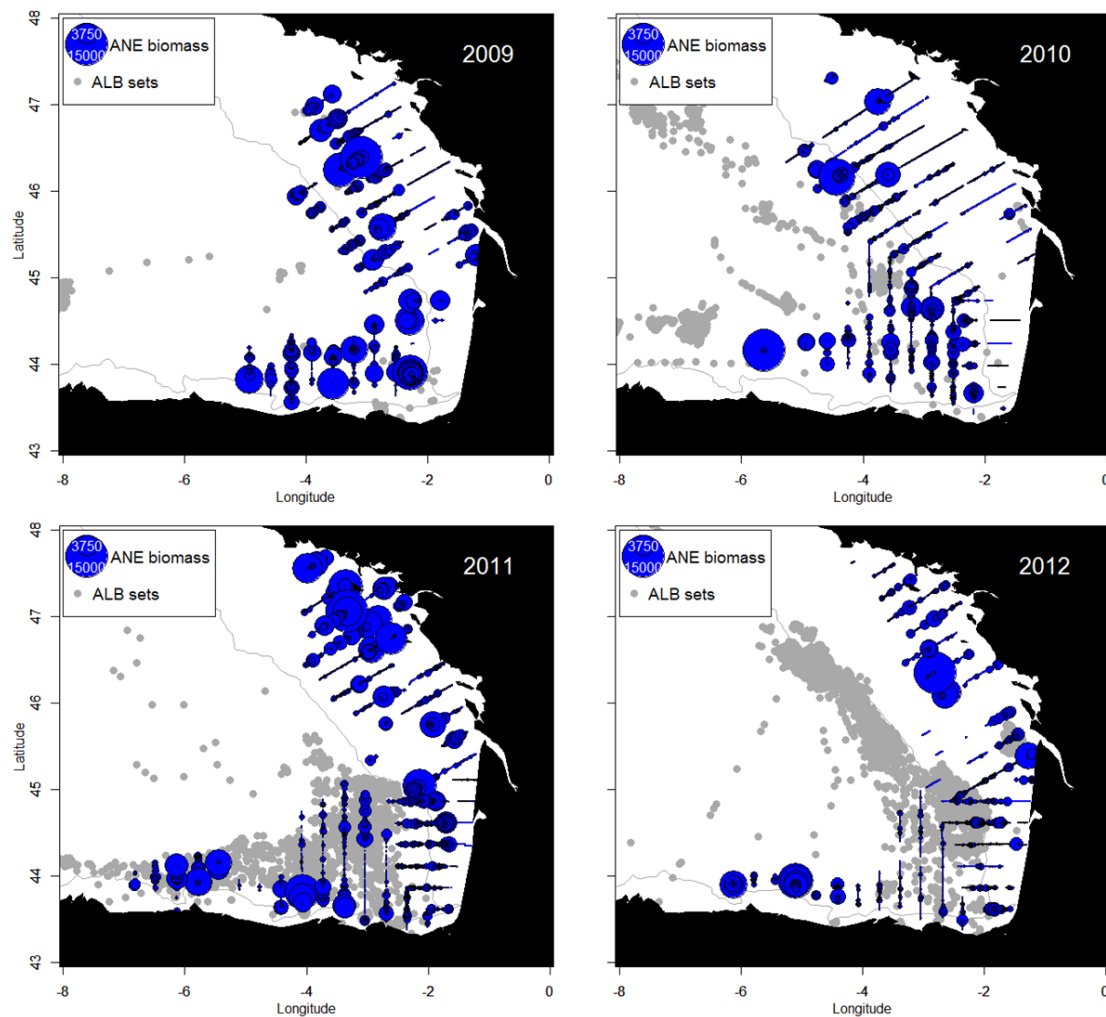


Figura 26. En azul, biomasa de anchoa estimada durante las campañas acústicas JUVENA. En gris, posiciones de capturas de bonito realizadas durante el mes de septiembre, coincidiendo con la campaña JUVENA.

A pesar de que Lezama et al. (2010) encontraron correlación significativa positiva entre CPUEs de bonito y la abundancia de anchoa para los años 2003 y 2005 en nuestro análisis no hemos podido confirmar esa relación. Sin embargo debemos subrayar que en los años de estudio de este trabajo, las zonas muestreadas durante la campaña JUVENA y las capturas de bonito realizadas en la zona no se solapan.

Necesitaríamos que los transectos de muestreo de la campaña JUVENA se extendiesen más hacia el cantil para comprobar si donde ha habido capturas de bonito hay signos de presencia de anchoa.

En la figura 27 se muestra el modelo GAM seleccionado como mejor predictor de CPUEs de bonito (varianza explicada 14,2%). En este modelo la variabilidad de CPUEs viene explicada por la biomasa de anchoa, el tipo de arte utilizado para la pesca y el año. Cuando la biomasa de anchoa es menor, la relación con las capturas de bonito es positiva. Sin embargo, para biomazas mayores de anchoa las capturas de bonito según el modelo GAM son menores. Esta relación puede deberse a una menor capturabilidad de bonito por parte de la flota por el hecho de que el bonito encuentra anchoa en el medio natural, este tiene un efecto saciante en el bonito y por lo tanto no pica el cebo (bien sea vivo o artificial) que le ofrece la flota.

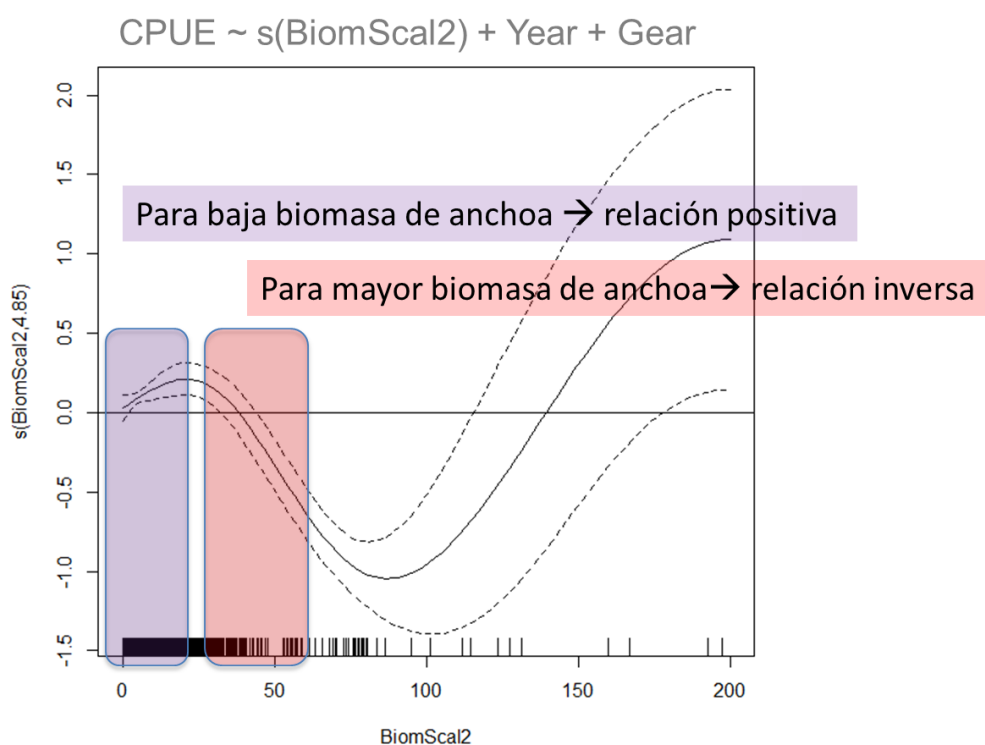


Figura 27. Modelo GAM seleccionado (CPUE ~ s(biomasa de anchoa_escala 2) + Año + Tipo de arte).

La variabilidad en las CPUEs que explicamos con este modelo no es muy alta (14,2%). Para poder explicar una mayor varianza sería necesario introducir otras variables, por ejemplo oceanográficas en el modelo. Así, en un trabajo realizado por Chen et al. (2005), concluyeron que los parámetros ambientales significativos para la predicción de CPUEs de juveniles de bonito eran temperatura superficial del mar, concentración de clorofila y salinidad en superficie.

5.3 Estudio de la distribución del bonito y las condiciones oceanográficas durante los meses de verano del 2013

5.3.1 Migración estacional del bonito

El índice de la corriente del Golfo (GSI) muestra una variabilidad interanual (figura 28). El periodo entre los finales de los 60 hasta los principios de los 80 el GSI es claramente negativo. A partir de ese momento hay periodos positivos seguidos por otra sucesión de años negativos. Si analizamos la variabilidad del GSI mensual no observamos ningún patrón estacional.

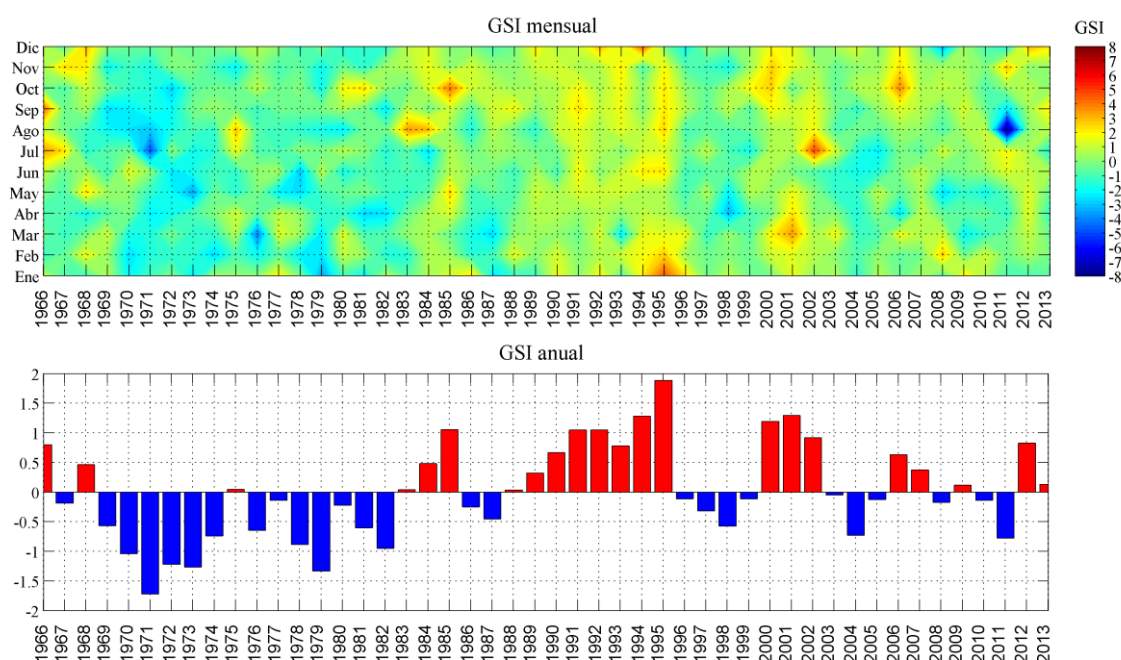


Figura 28. Variabilidad mensual (arriba) y anual (abajo) del índice GSI durante el periodo 1966-2013.

Cuando estudiamos la serie temporal del índice GSI anual junto con las fluctuaciones del reclutamiento de bonito entre los años 1966 y 2011 (figura 29) podemos observar claramente que ambas series fluctúan en sincronía: durante periodos de GSI positivo el del bonito del norte muestra valores bajos y viceversa. La correlación entre ambas series es inversa ($R=-0.61$). De hecho, estudios anteriores han demostrado un efecto negativo del desplazamiento hacia el norte de la corriente del Golfo (índice GSI positivo) sobre el reclutamiento del bonito (Santiago, 2004) o la capturabilidad de esta especie por la flota pesquera (Ortiz de Zarate et al., 1998).

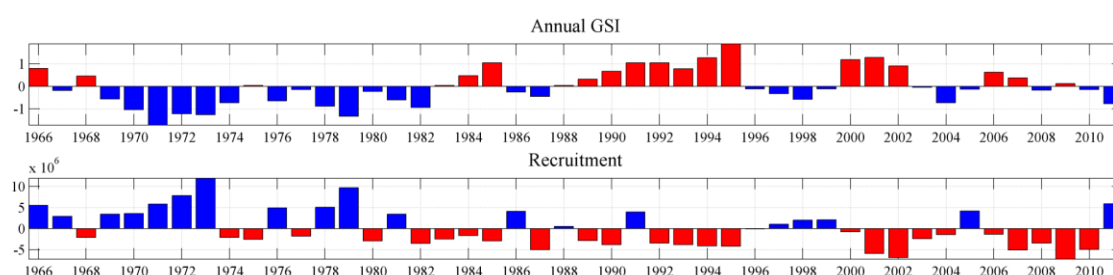


Figura 29. Variabilidad anual del índice GSI (arriba, fase positiva en rojo, fase negativa en azul) y del reclutamiento del bonito (abajo, reclutamiento positivo en azul y reclutamiento negativo en rojo).

Si analizamos el índice GSI mensual para el año 2013 (año para el cual más adelante analizaremos la distribución de las capturas), vemos que desde enero a julio ha sido sobre todo negativo (figura 30), favoreciendo el reclutamiento del bonito en el área de estudio.

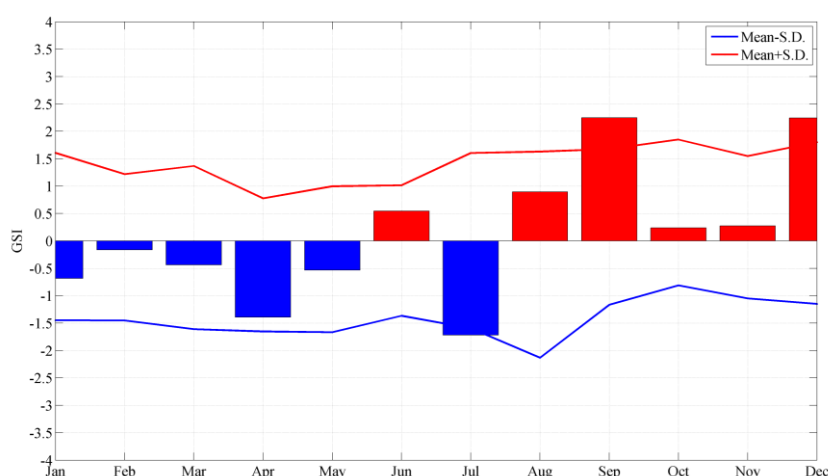


Figura 30. Variabilidad mensual del índice GSI durante el año 2013. En azul se representan los meses con GSI negativo y en rojo los meses con GSI positivo. Las líneas azul y rojo representan la media menos (azul) o más (rojo) la desviación estándar.

La distribución del atún depende de la variabilidad de la corriente del Golfo de manera que el desplazamiento de la pared hacia el norte podría favorecer su desplazamiento fuera de la pesquería del Golfo de Vizcaya (Sherman y Skjoldal, 2002). En el caso concreto del año 2013, los valores negativos del índice GSI durante el primer semestre del año, indican un desplazamiento hacia el sur de la corriente del Golfo. Como consecuencia la migración de los juveniles se dirigiría hacia aguas del golfo (zonas de alimentación), donde se favorecería su supervivencia y como consecuencia el reclutamiento del bonito.

En 2013, una gran parte del esfuerzo pesquero de la flota vasca se localizó en el Golfo de Vizcaya, como se puede observar en las capturas obtenidas de los diarios electrónicos (figura 31). Actualmente las principales artes de pesca utilizados para la pesca de bonito son cacea y cebo vivo. Los caceros operan en una zona amplia cubriendo el Golfo de Vizcaya y las aguas oceánicas adyacentes, mientras que la flota de cebo vivo centra su actividad sobre todo dentro del Golfo de Vizcaya, ocasionalmente llegando a aguas al sur de Irlanda.

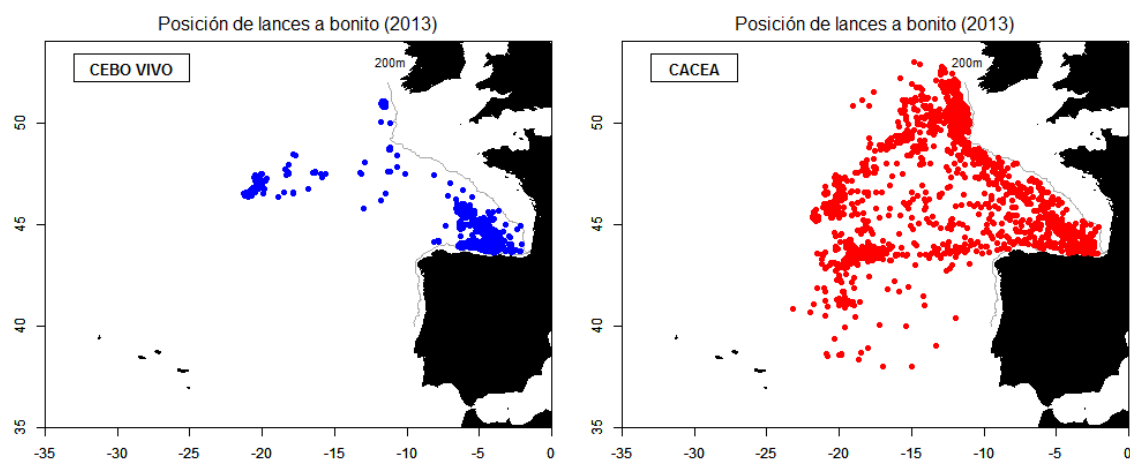


Figura 31. Distribución de las capturas de bonito de la flota vasca durante la costera 2013, según la información obtenida a partir de los campos latitud y longitud de la captura de los diarios electrónicos de pesca.

En 2013, la flota de cacea pescó principalmente en la zona oceánica durante los primeros meses de la costera (mayo-junio), de agosto a octubre, la mayoría de las capturas estuvieron asociadas al talud y a la plataforma continental española-francesa-inglesa. Julio fue un mes de transición cuando el bonito fue encontrado tanto en aguas oceánicas como en la zona de talud. En noviembre, las capturas se concentraron en la costa española. En el caso de la flota a cebo vivo, la distribución de las capturas fue diferente. De mayo a junio y también en octubre, las capturas se localizaban sobre todo dentro del golfo. En julio, se encontró bonito también en zonas oceánicas al oeste del Golfo de Vizcaya. Finalmente, durante agosto y septiembre, se pescó bonito tanto en el Golfo de Vizcaya como en aguas al sur de Irlanda. La distribución espacial de las capturas de bonito de la flota de cacea y de cebo vivo durante la costera del 2013 pueden ser observados en los Anexos A.2 y A.3.

En la figura 32 podemos ver la distribución mensual de las capturas del 2013 sobre los mapas mensuales de temperatura superficial del mar para ese año. Se puede observar que, sobre todo para los primeros meses de la costera, según avanza la costera, las capturas de bonito se van desplazando hacia el norte junto con el calentamiento de las aguas.

Sin embargo, si analizamos la distribución semanal de las capturas durante la primera parte de la costera (mayo-última semana de junio) vemos que las capturas tienen lugar en aguas de temperaturas 15.17°C (figura 33). De hecho, con el calentamiento de las aguas, las capturas continúan el desplazamiento hacia el norte siguiendo las isolíneas de temperatura preferente. A partir de julio (figura 34) toda la zona muestra temperaturas superiores al límite inferior del rango óptimo para el bonito por lo que la temperatura del agua deja de ser un parámetro limitante para la distribución del bonito.

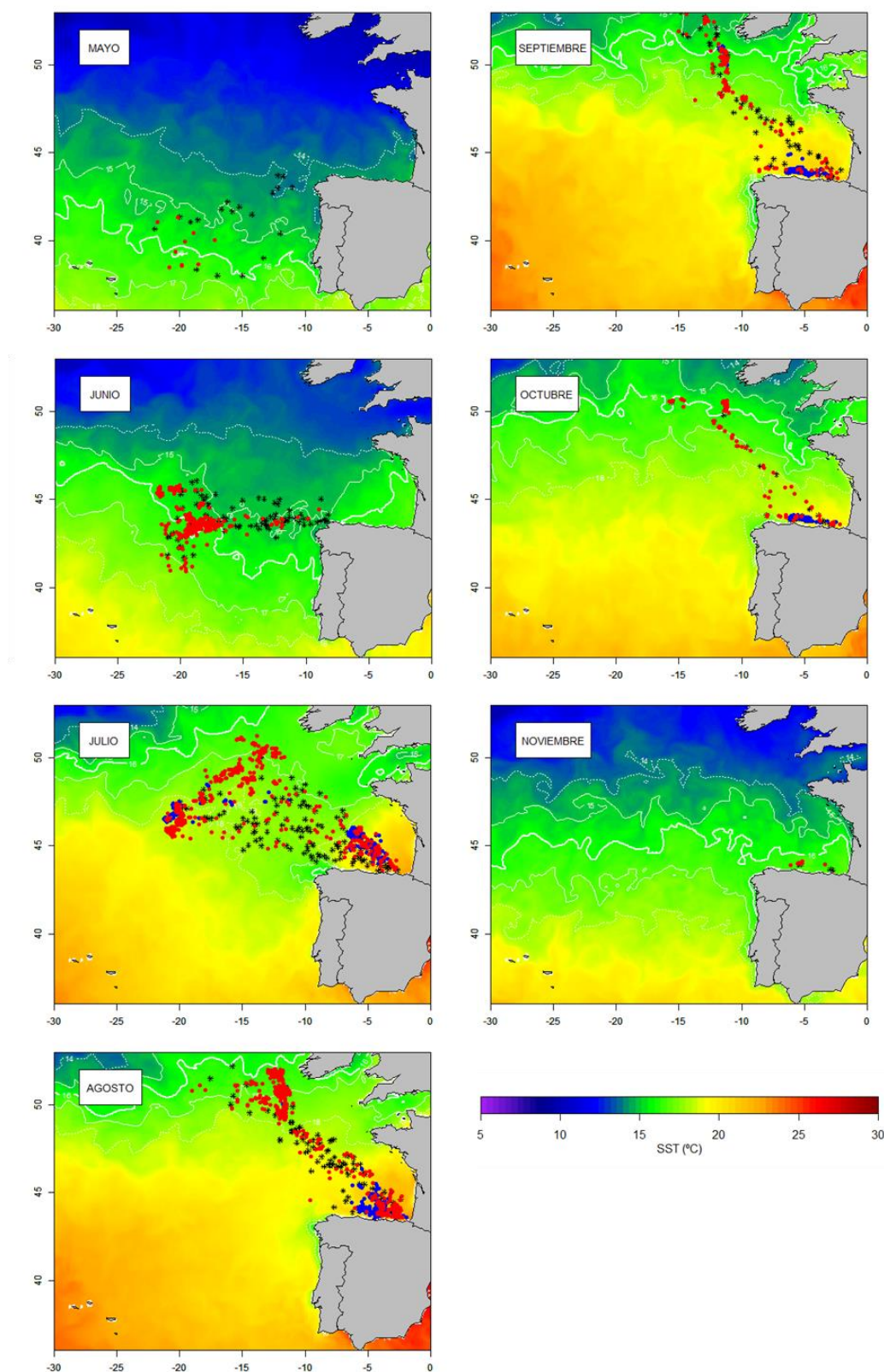


Figura 32. Distribución mensual de las capturas de bonito (azul, cebo vivo; rojo, cacea) durante los primeros meses de la costera del 2013, representados sobre el mapa de SST correspondiente al mismo periodo. Los asteriscos indican posiciones con lance pero sin captura.

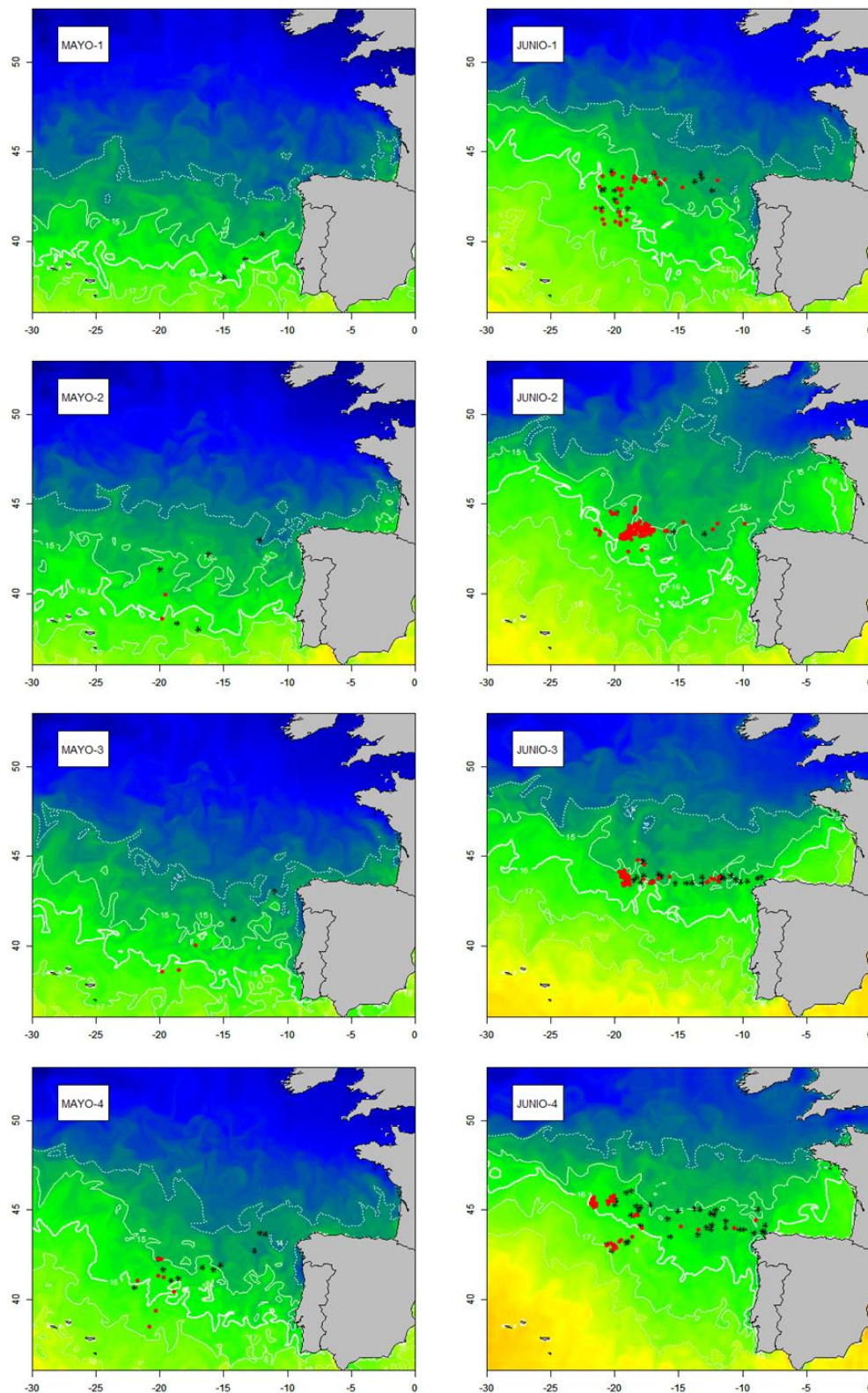


Figura 33. Distribución semanal de las capturas de bonito (azul, cebo vivo; rojo, cacea) durante los primeros meses (mayo-julio) de la costera del 2013, representados sobre el mapa de SST correspondiente al mismo periodo. Los asteriscos indican posiciones con lance pero sin captura.

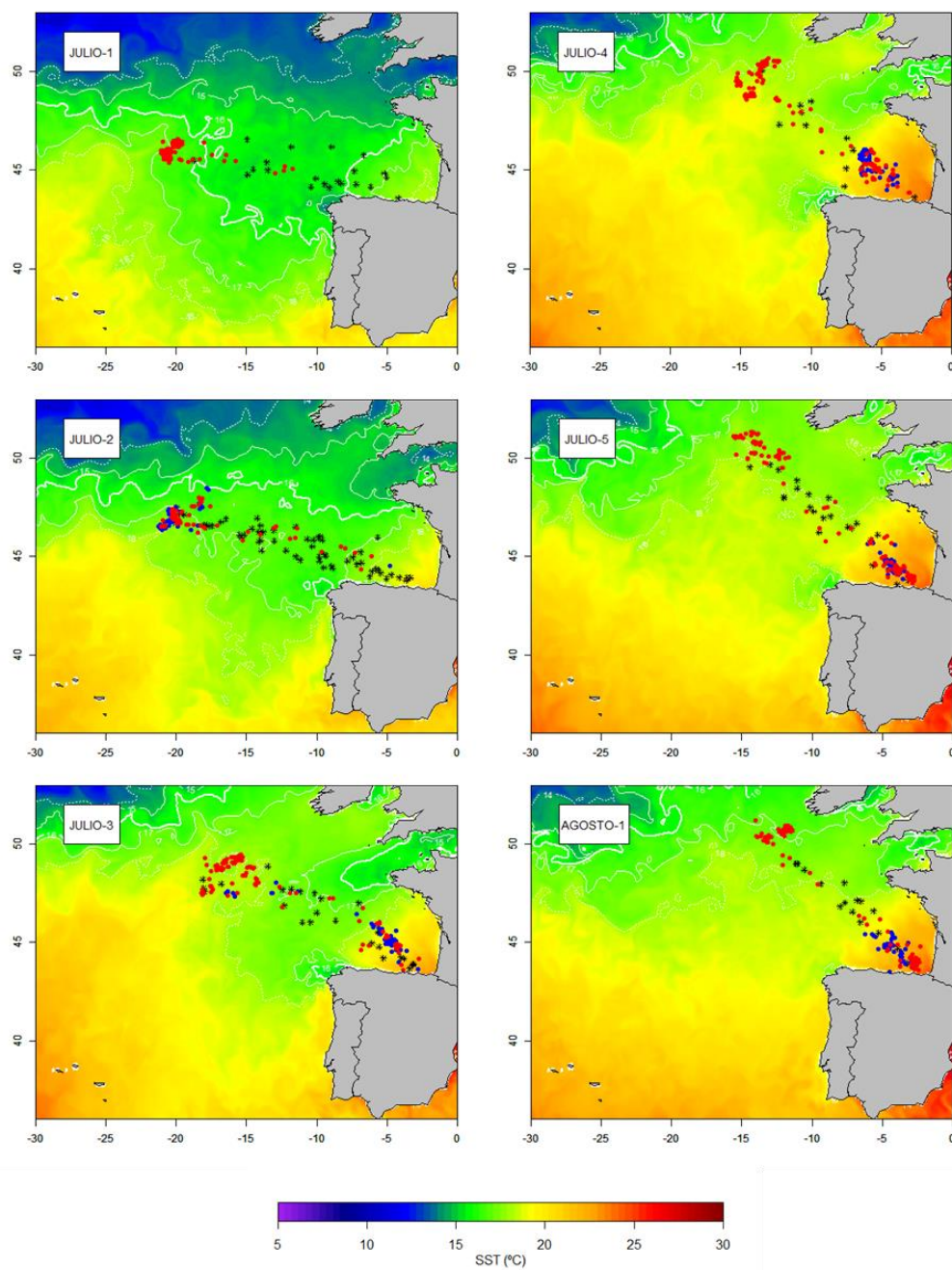


Figura 34. Distribución semanal de las capturas de bonito (azul, cebo vivo; rojo, cacea) durante los meses centrales (julio-agosto) de la costera del 2013, representados sobre el mapa de SST correspondiente al mismo periodo. Los asteriscos indican posiciones con lance pero sin captura.

Durante los primeros meses de la costera, se ha observado que no solo la temperatura del agua es importante para la localización del bonito. La figura 35 muestra que una gran parte de las capturas realizadas durante los primeros meses de la costera han tenido lugar en zonas de gran energía cinética, en la periferia de remolinos asociados altos valores de EKE (energía cinética turbulenta). Esta observación coincide con los resultados de un estudio llevado a cabo en el Pacífico, donde las zonas abundantes de bonito se situaban en zonas con valores de EKE relativamente altos y corrientes geostróficas, reflejando que las agregaciones de bonito estaban asociadas a remolinos anticiclónicos (Zainuddin et al., 2006).

Por último, hemos analizado estas mismas capturas en relación a la concentración de clorofila del agua. Desde el punto de vista cualitativo, en la figura que relaciona los mapas mensuales de clorofila con las capturas de bonito (figura 36), se percibe al igual que en la temperatura superficial que existen diferencias entre la distribución de las capturas dentro del Golfo de Vizcaya, donde opera principalmente la flota de cerco y en zonas fuera del golfo donde faena principalmente la flota de cacea.

Fuera del golfo, las capturas parecen producirse en zonas de mayor producción primaria ($> 1\text{mg/m}^3$) que van trasladándose de sur a norte desde Junio hasta Agosto, donde parece estabilizarse la situación hasta Septiembre. A partir de aquí, las concentraciones de clorofila van disminuyendo hasta hacerse ya mínimas en Noviembre, cuando la campaña tanto de cerco como de cacea queda finalizada. En un estudio realizado para la zona sur del océano Índico, las agregaciones de individuos juveniles de bonito tenían lugar en zonas con mayores concentraciones de clorofila (Chen, et al., 2005). Laurs et al. (1984) subrayaron la importancia de la concentración del pigmento de fitoplancton para explicar distribución del bonito. Efectivamente hay varios estudios que remarcan la utilidad del color del agua como indicador de una producción primaria mayor, y por lo tanto zona de gran probabilidad de atraer bancos de peces (Chen et al., 2005).

En el Golfo de Vizcaya las capturas se sitúan a partir de Julio (no se producen capturas antes) en aguas poco productivas ($< 1 \text{ mg/m}^3$) y distribuidas bastante regularmente durante los meses de julio y agosto. En Septiembre, Octubre y Noviembre las capturas se sitúan próximas al talud y por tanto a las zonas de mayor producción asociadas a procesos de fertilización como zonas de afloramiento o desembocaduras de ríos.

El siguiente paso de este análisis consistirá en realizar un análisis cuantitativo para determinar si hay algún rango preferencial de los bonitos con respecto a la clorofila, y determinar la variabilidad interanual de este parámetro para diagnosticar su relevancia en el comportamiento migratorio de esta especie.

Al analizar conjuntamente los mapas semanales de SST, EKE y los mapas mensuales clorofila junto con la distribución de las capturas de bonito durante las primeras semanas de la costera, podemos observar que la migración del bonito sigue unas preferencias oceanográficas. Otros autores también concluyeron que factores como la temperatura y la productividad de las aguas son importantes en la migración del atún del Pacífico Norte (Laurs y Lynn, 1977 en Sund et al., 1981). La migración de esta especie estaba bien definida en condiciones donde las zonas frontales estaban bien definidas. La migración está confinada a temperaturas de 16-19°C y la posibilidad de alimentación es un factor que influye la ruta migratoria de esta especie. Como conclusión la migración viene definida por las preferencias térmicas de la especie y la disponibilidad de alimentos. Estas afirmaciones pueden realizarse también para el caso del bonito del norte, según los resultados de este estudio. Además, en el caso del atún blanco del Pacífico sur varios autores han identificado estructuras oceanográficas (como zonas de convergencia) que son de gran importancia ecológica para los peces (Sund et al., 1981). Por último, otros estudios han confirmado la presencia de bonito en los extremos de los remolinos (Reddy et al., 1995; Zainuddin et al., 2006).

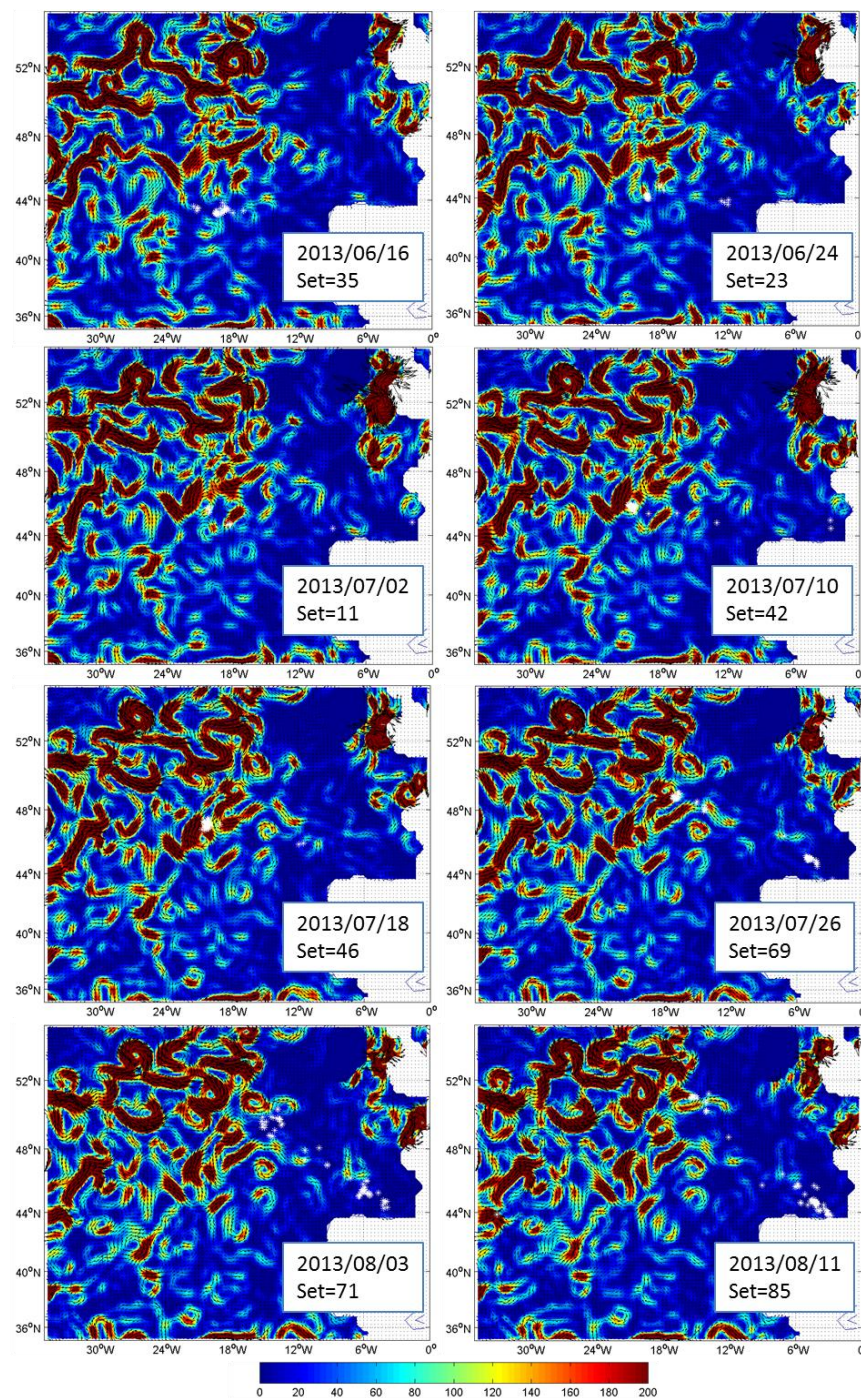


Figura 35. Distribución semanal de las capturas de bonito (círculos blancos) durante los meses centrales de la costera del 2013, representados sobre el mapa de EKE (energía cinética turbulenta) correspondiente al mismo periodo.

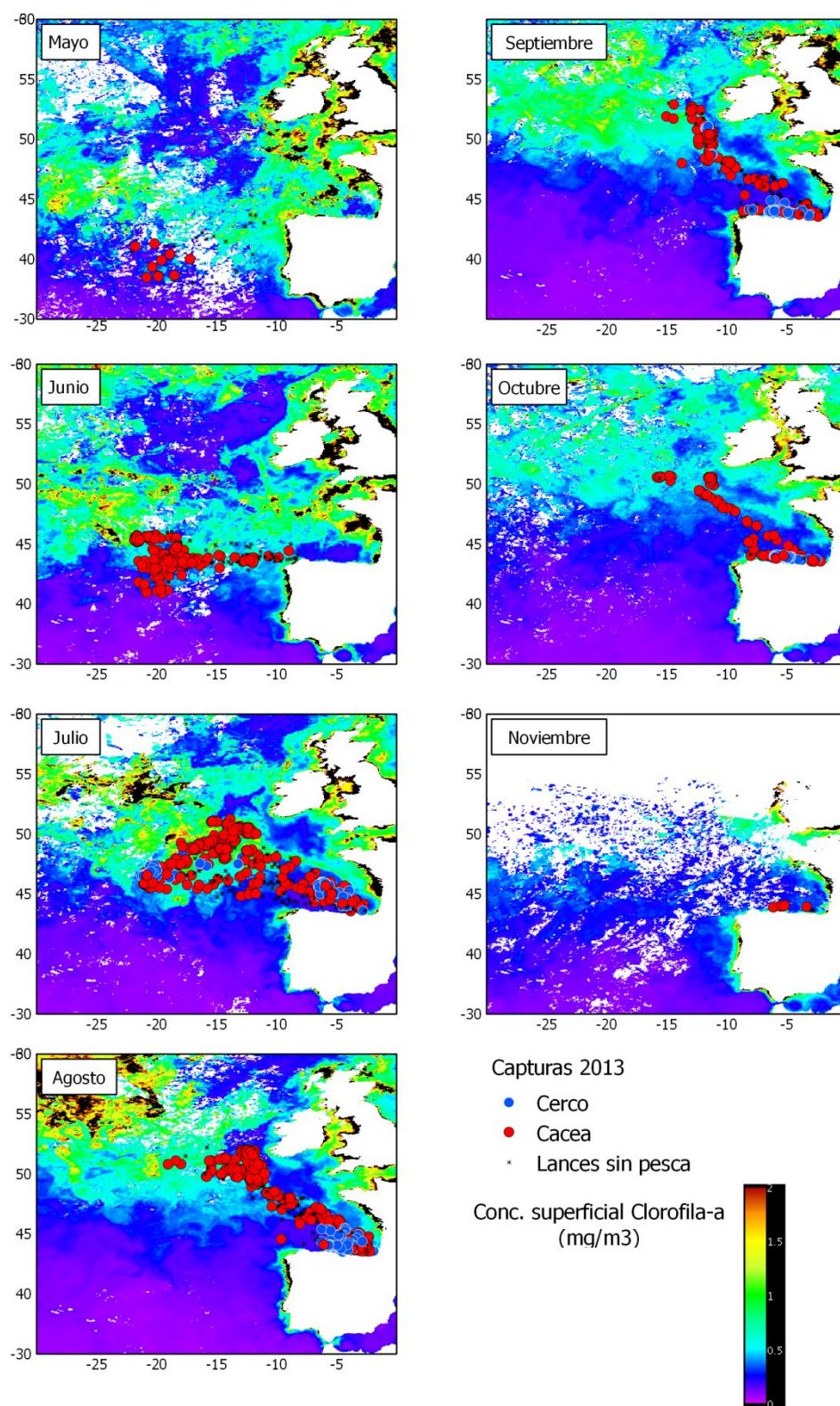


Figura 36. Distribución mensual de las capturas de bonito (azul, cebo vivo; rojo, cacea) durante los la costera del 2013, representados sobre el mapa de concentración de clorofila (mg/m3) del mismo periodo. Los puntos blancos indican posiciones con lance pero sin captura.

5.3.2 Distribución espacial del bonito dentro del Golfo de Vizcaya

Antes de iniciar con el análisis, se ha calculado el porcentaje de capturas dentro del área cubierta por el glider, para el periodo de la campaña GESEBB, como reflejo de la representatividad de la información de GESEBB en relación a las capturas durante esas fechas. La figura 37 muestra los lances no nulos realizados durante la campaña GESEBB, de las cuales un 27% han tenido lugar dentro del área cubierta por esta campaña.

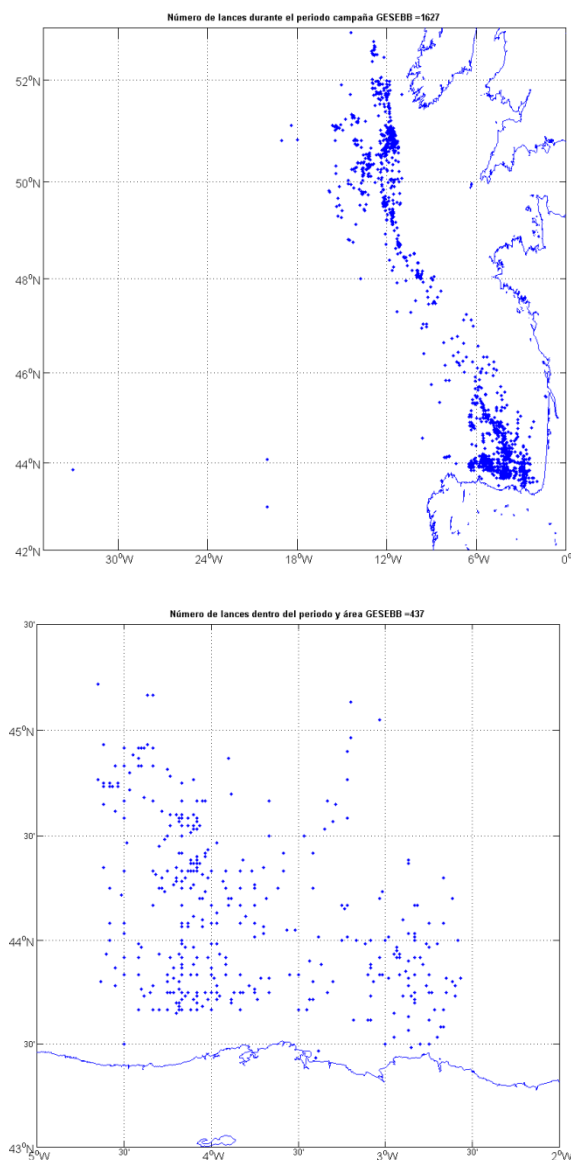


Figura 37. Distribución espacial de los lances no nulos a bonito durante el periodo de la campaña GESEBB (23/07/2013-24/09/213) en todo el caladero (arriba) y en la zona de muestreo del glider (abajo).

La tabla 6 recoge el número de lances positivos a bonito que han tenido lugar cerca de los transectos seguidos por el glider.

Tabla 6. Resumen de los transectos muestreados por el glider y las capturas de bonito realizadas a menos de 0.25° de cada transecto durante la trayectoria del glider.

Nº de transecto	Fechas	Nº lances positivos cerca del transecto (< 0.25°)
1	23/7-30/7	4
2	30/7-5/8	137
3	5/8-13/8	31
4	13/8-17/8	0
5	17/8-24/8	7
6	24/8-27/8	1
7	27/8-29/8	1
8	29/8-2/9	1
9	2/9-9/9	0
10	9/9-12/9	0
11	12/9-15/9	0
12	15/9-20/9	0
13	20/9-24/9	0

Caracterización hidrográfica de la zona de estudio de la campaña GESEBB

1. Rangos de temperatura y salinidad (en superficie y subsuperficie)

Según las medidas tomadas por el glider durante la campaña y dentro del área y el periodo cubierto por este, la temperatura superficial del agua osciló entre 19.6°C y 24.4°C; mientras que a 1000 m de profundidad la temperatura varió entre 9.5°C y 10.2°C. Los rangos de temperatura y su variabilidad en profundidad se pueden observar en la figura 38. La salinidad varió entre 33.9-35.6 en superficie y 35.6-35.9 en profundidad (figura 38). La elevada variabilidad observada, sobre todo en los primeros metros de la columna de agua se debe por un lado a la estacionalidad, a las distintas zonas muestreadas (plataforma, cantil y mar abierto) y a la presencia de estructuras mesoescalares que alteran la columna de agua. Este último punto se desarrollará en la siguiente sección.

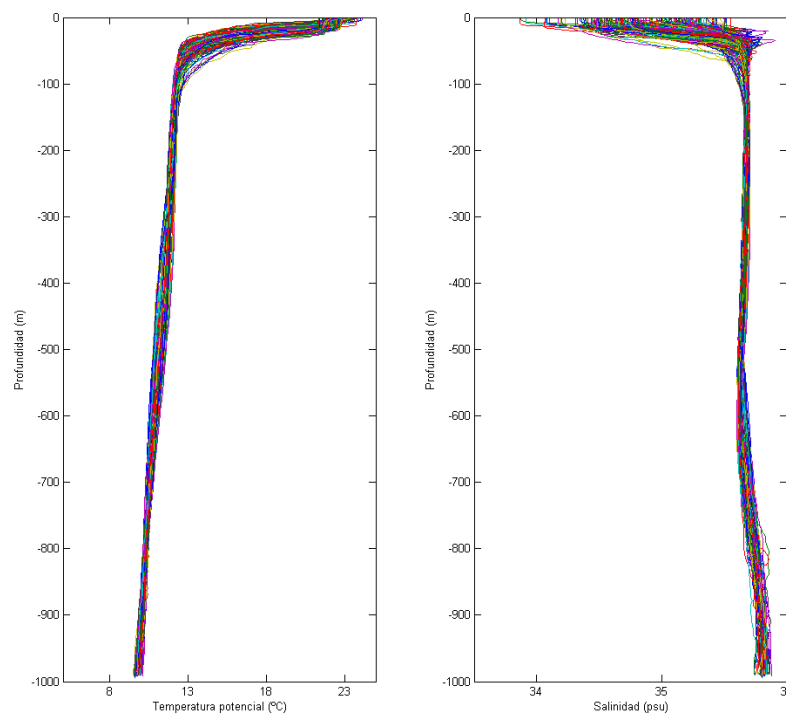


Figura 38. Perfiles verticales de temperatura potencial (izquierda) y salinidad (derecha) de las mediciones realizadas por el CTD.

2. Profundidad del máximo de fluorescencia y variabilidad

Otra de las variables medidas por el aparato es la fluorescencia. Esta variable es un indicador de la cantidad de clorofila presente e indirectamente, la concentración de fitoplancton. Los valores de fitoplancton también presentaron una elevada variabilidad pero en términos generales se puede concluir que la fluorescencia aumentaba desde superficie hasta una profundidad cercana a la termoclina donde se observa el máximo, a partir del cual vuelve a descender. En la figura 39 se muestra una gráfica de dispersión de los máximos de fluorescencia, en función de la profundidad. Asimismo, se muestran los histogramas correspondientes a la fluorescencia y a la profundidad. Tal y como se indica en la figura el promedio y la desviación estándar de la profundidad y fluorescencia son -48.14 ± 12.47 m y 1.87 ± 0.86 $\mu\text{g/l}$. Es decir que la profundidad media a la que se observa el máximo de fluorescencia es cercana a 48 m y la media de fluorescencia máxima en estas profundidades es cercana a 2 $\mu\text{g/l}$.

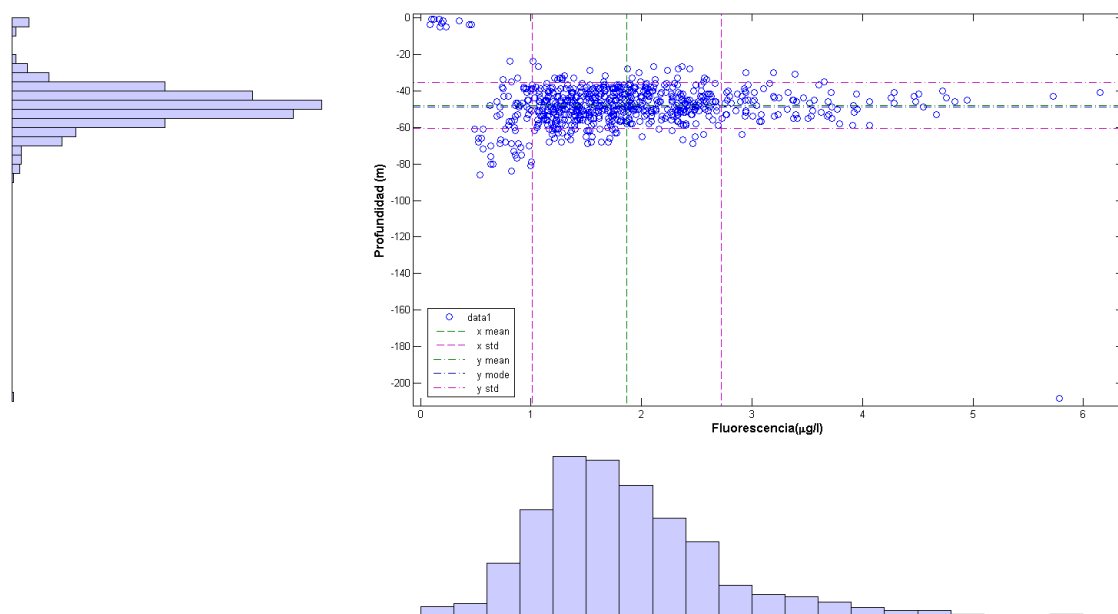


Figura 39. Gráfica de dispersión del máximo de fluorescencia en función de la profundidad, en la zona muestreada por el glider.

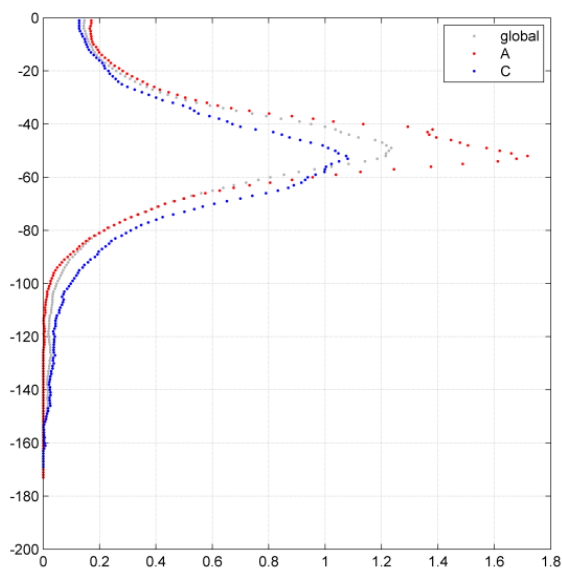


Figura 40. Perfil de fluorescencia para las medidas tomadas dentro de anticiclones (A), ciclones (C) y para todas las medidas (global).

Se observa una notable variabilidad en la distribución vertical de la fluorescencia así como en la turbidez del agua, principalmente bajo ciclones y anticiclones. Bajo remolinos mesoescalares anticiclónicos, la clorofila se concentra en una profundidad más somera, mientras que bajo estructuras ciclónicas, la clorofila se encuentra más dispersa dentro de la columna de agua y los máximos de concentración son menores que bajo anticiclones. La figura 40 muestra la media de fluorescencia para cada profundidad para las medidas tomadas dentro de anticiclones (A), ciclones (C) y para todas las medidas (global) independientemente de si se encuentran dentro o fuera de un remolino.

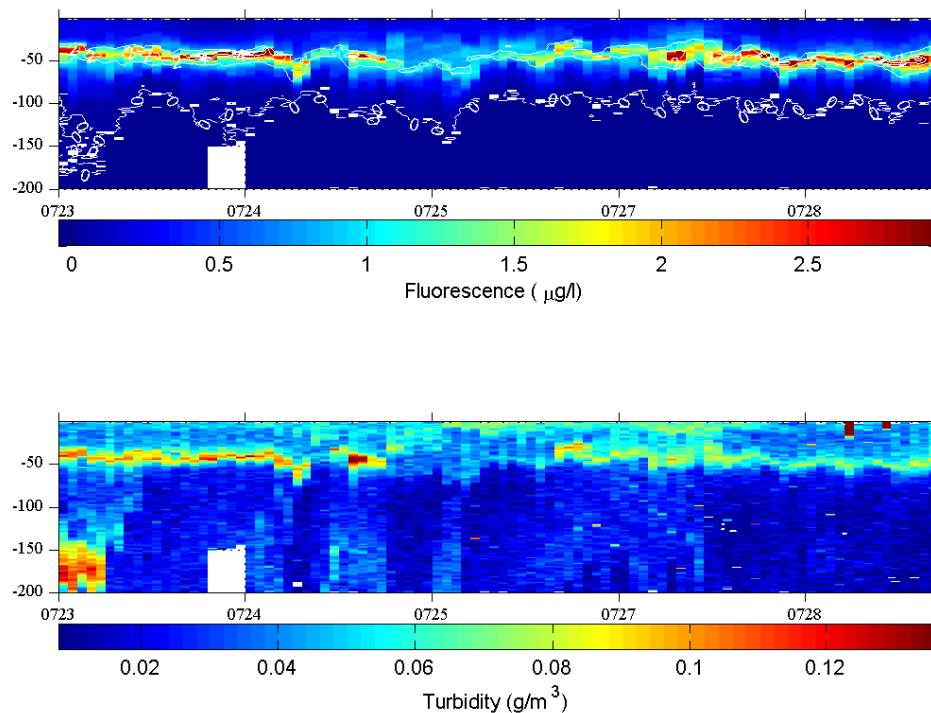


Figura 41. La evolución temporal y vertical de la fluorescencia (arriba) y de la turbidez (abajo) para el transecto 1 de la campaña.

Por ejemplo, se observa la mínima fluorescencia y turbidez bajo ciclones los días 25 de julio (figura 41) y 3 de agosto (figura 42); así como una mayor concentración bajo un anticiclón el día 31 de julio (figura 42).

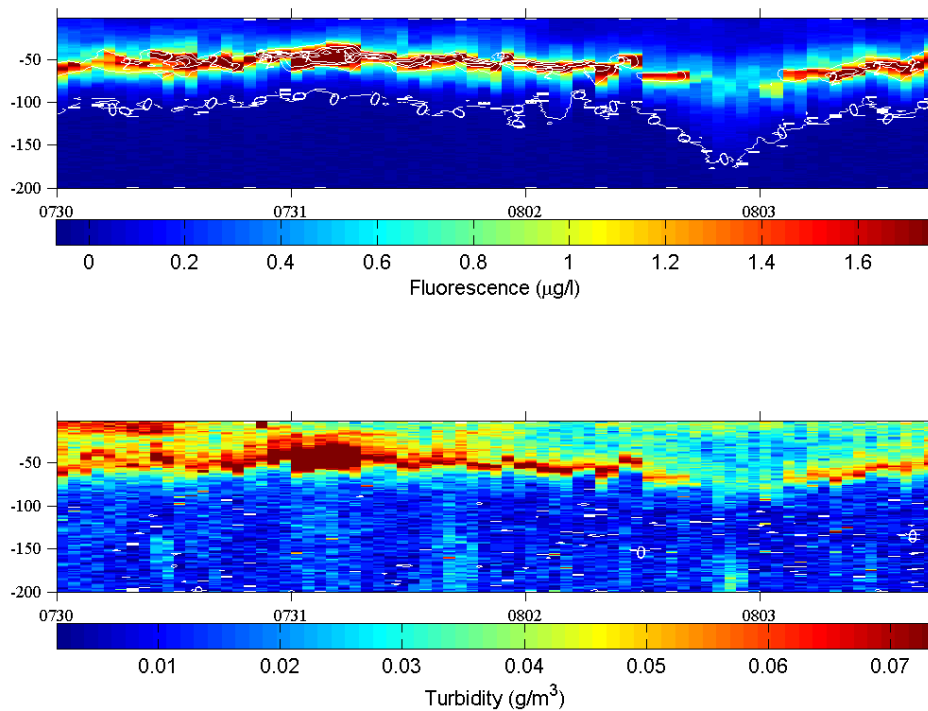


Figura 42. La evolución temporal y vertical de la fluorescencia (arriba) y de la turbidez (abajo) para el transecto 2 de la campaña.

3. Análisis de la estructura de la columna de agua para la obtención de información sobre la profundidad e intensidad de la termoclina

En la figura 43 se muestran los resultados obtenidos con los 3 métodos de estimación de la profundidad de la capa de mezcla citados anteriormente. La evolución temporal de la profundidad estimada con el método de la función logística y a partir de la isoterma de 15°C, es coherente. Además, la profundidad media estimada mediante ambos métodos, apenas difiere en 3 m de profundidad. Sin embargo, el método del gradiente, estima profundidades más someras y en varios perfiles la profundidad de la capa de mezcla la localiza, prácticamente en la superficie. Este último resultado no tiene sentido físico. De forma que a partir de ahora consideramos que los métodos de estimación de la profundidad de la capa de mezcla más adecuados para nuestra zona y periodo son el método de la función logística y el de la isoterma de 15°C.

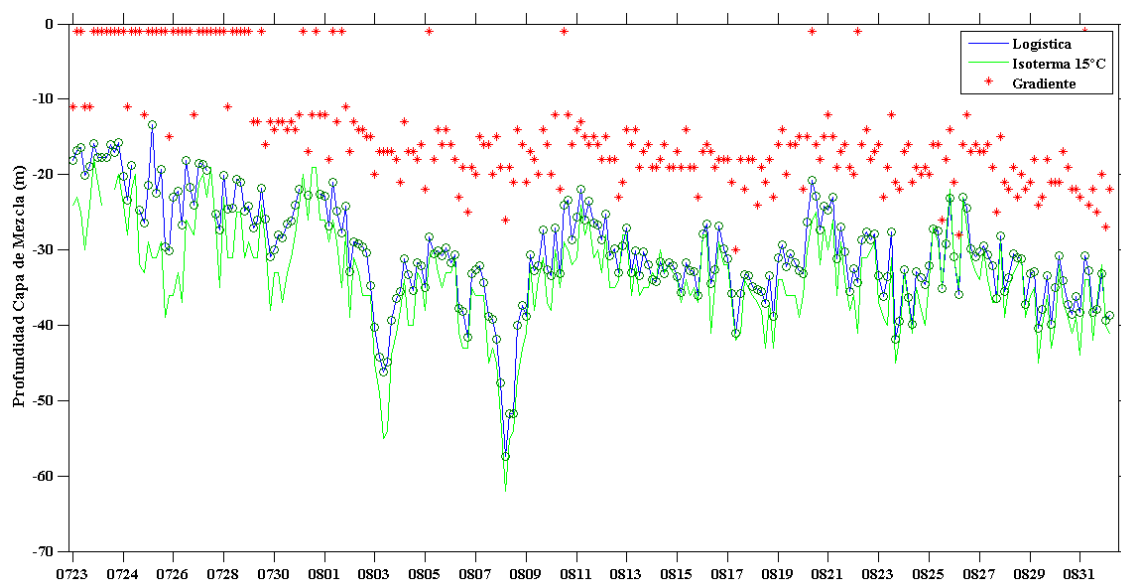


Figura 43. Evolución temporal de la profundidad de la capa de mezcla estimada a partir de 3 métodos distintos, durante parte de la campaña GESEBB en el sureste del Golfo de Vizcaya.

La profundidad media ($\pm$ desviación estándar) de la capa de mezcla es de -33.6 ± 6.94 m para la isoterma de 15°C y de -30.3 ± 6.88 m para el método de la función logística (figuras 44 y 45). Sin embargo, en la figura 43 observamos que existe una notable variabilidad en la serie temporal. Parte de esta variabilidad está inducida por los remolinos mesoescalares. Así, los remolinos ciclónicos (giro en sentido antihorario) provocan una profundización de la capa de mezcla y de la termoclina estacional; mientras que los remolinos anticiclónicos (giro en sentido horario) provocan una elevación de la capa de mezcla y de la termoclina estacional. Los máximos de profundidad de la termoclina observados bajo remolinos ciclónicos se encuentran en torno a 57 m, mientras que en el caso de los anticiclónicos alrededor de 36 m. Estas estructuras provocan el efecto contrario (ciclones: elevación, anticiclones: profundización) en la termoclina permanente.

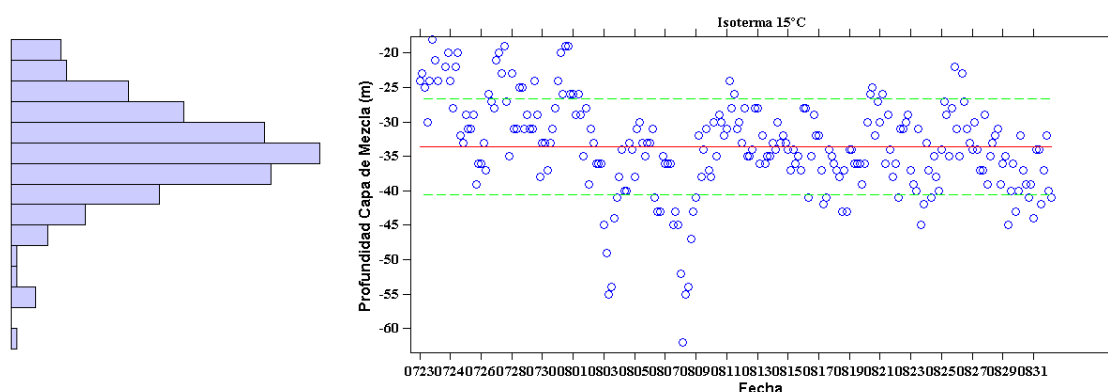


Figura 44. Histograma (derecha) y evolución temporal de la profundidad de la capa de mezcla estimada a partir de la isoterma de 15°C. La línea roja indica la profundidad media y las líneas verdes la desviación estándar.

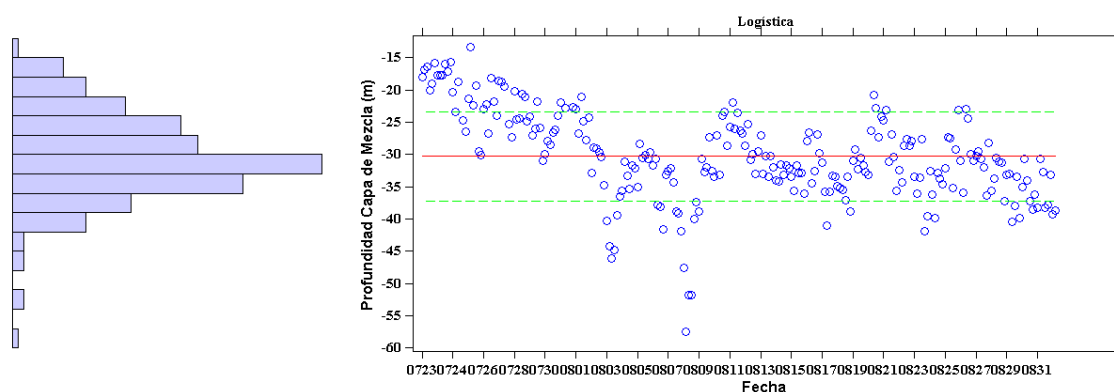


Figura 45. Histograma (derecha) y evolución temporal de la profundidad de la capa de mezcla estimada a partir del método de la función logística. La línea roja indica la profundidad media y las líneas verdes la desviación estándar.

Estudio de la distribución horizontal de las capturas de bonito durante los meses de verano y su relación con los remolinos en la zona.

Como hemos podido observar en las secciones anteriores, las condiciones tróficas (fluorescencia) y físicas (temperatura, salinidad, turbidez) no son constantes en la zona estudiada y gran parte de esta variabilidad se debe a estructuras mesoescalares que en función de las condiciones ambientales óptimas del bonito, pueden favorecer o perjudicar su presencia. Por tanto, a continuación vamos a observar las capturas cerca de una estructura de este tipo. Cerca del transecto 2 de la campaña GESEBB (tabla 6), muestreado entre el 30 de julio y el 5 de agosto, tuvieron lugar 137 capturas de bonito, por lo que vamos a centrarnos en este

transecto para los siguientes análisis de la columna de agua y de las características superficiales del mar.

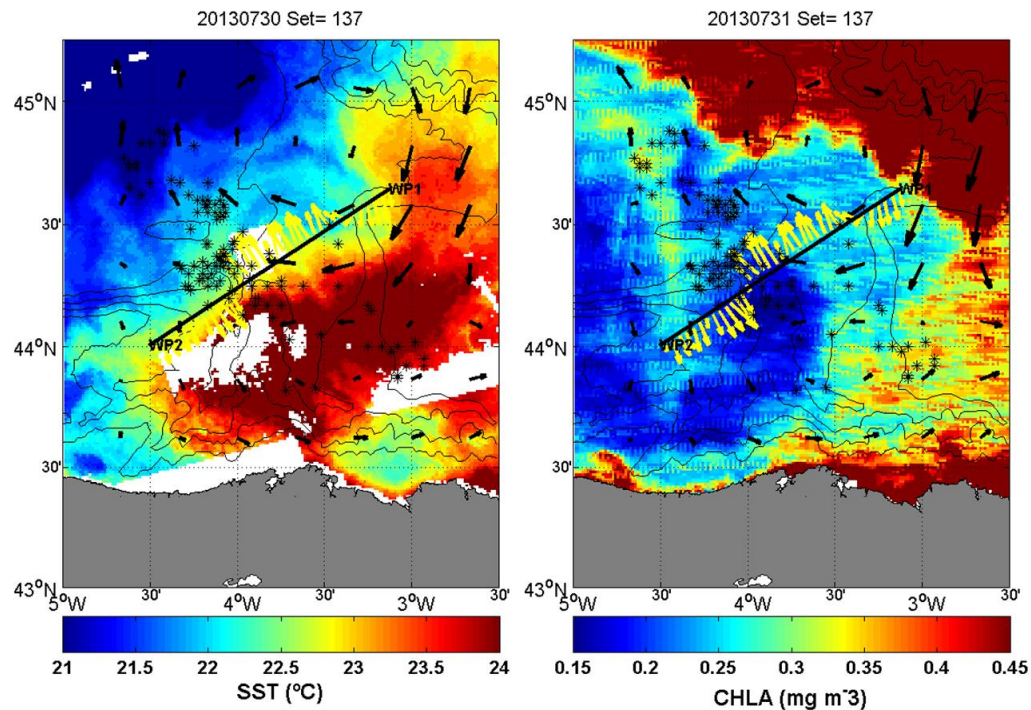


Figura 46. Trayectoria del glider a lo largo del transecto 2 sobre un mapa de temperatura superficial (izquierda) y mapa de clorofila (derecha). Superpuestos se representan las capturas de bonito (asteriscos negros) para el mismo periodo y las corrientes integradas medidas por el glider (flechas amarillas).

En la figura 46 se muestra un mapa de temperatura superficial del agua (izqda.) y de concentración de clorofila (dcha.) medidas por satélite durante el periodo del transecto y por tanto de las capturas (mostradas con asteriscos). Asimismo, se muestra la trayectoria NE-SO (línea negra) seguida por el glider y las corrientes geostróficas medidas por satélite (flechas amarillas). Se puede observar que gran parte de las capturas tuvieron lugar cerca de un frente entre un anticiclón (figura 47, círculo azul) y ciclón (figura 47, círculo verde), donde además, se observa un fuerte frente de temperatura y un pequeño frente de plancton. Varios estudios abalan la presencia de capturas de bonito en zonas frontales. Zainuddin y colaboradores (2006) indicaron que los “hotspots” de biodiversidad para el bonito estaban relacionados con los campos de remolinos y zonas frontales, que influenciaban la distribución y formación de agregaciones de bonito. Por otra parte,

Reddy y colaboradores (1995) también afirmaron que las capturas de bonito suelen tener lugar en zonas de remolinos y frentes térmicos.

En zonas costeras de California, se han visto agregaciones de atún dentro de masas de aguas más templadas y de menor concentración de plancton, que procedentes de aguas oceánicas se introducían en aguas costeras más frías y ricas en clorofila (Laurs et al., 1984). De hecho, los pescadores de California tradicionalmente pescan en aguas oceánicas azules de más de 15°C y cerca de frentes de temperatura o de fitoplancton (Laurs et al., 1984), al igual que las capturas de bonito registradas en 2013 en la zona muestreada por el glider. Las razones por las que las agregaciones de atunes tienen lugar en frentes son varias: confinamiento en rango óptimo de temperatura (Sund et al., 1981), utilización de las gradientes de las zonas frontales para la termorregulación, utilización de aguas claras para la predación visual y la disponibilidad de comida (Kirby et al., 2000).

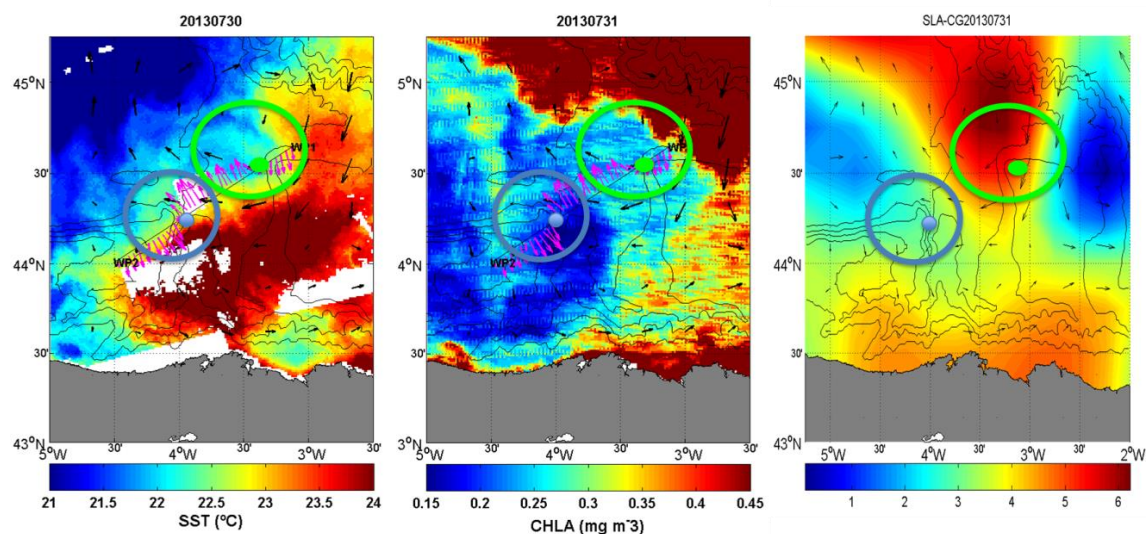


Figura 47. Trayectoria del glider a lo largo del transecto 2 sobre un mapa de temperatura superficial (izquierda), mapa de clorofila (centro) y de altimetría (derecha). Las corrientes geostróficas están representadas por flechas. También se muestran el centro (punto) y la estimación del perímetro (círculo) del ciclón (azul) y del anticiclón (verde).

La información en la columna de agua durante este transecto se muestra en la figura 48. Se observa que debajo del anticiclón los máximos de fluorescencia y de turbidez son mayores que en el resto del transecto y además se encuentra más cerca

de superficie. Asimismo, se observa como las isothermas se acercan a superficie en los primeros 100 m de la columna de agua (termoclina más somera) en el caso del anticiclón, mientras que se sumergen en aguas más profundas. El comportamiento opuesto se observa en el ciclón.

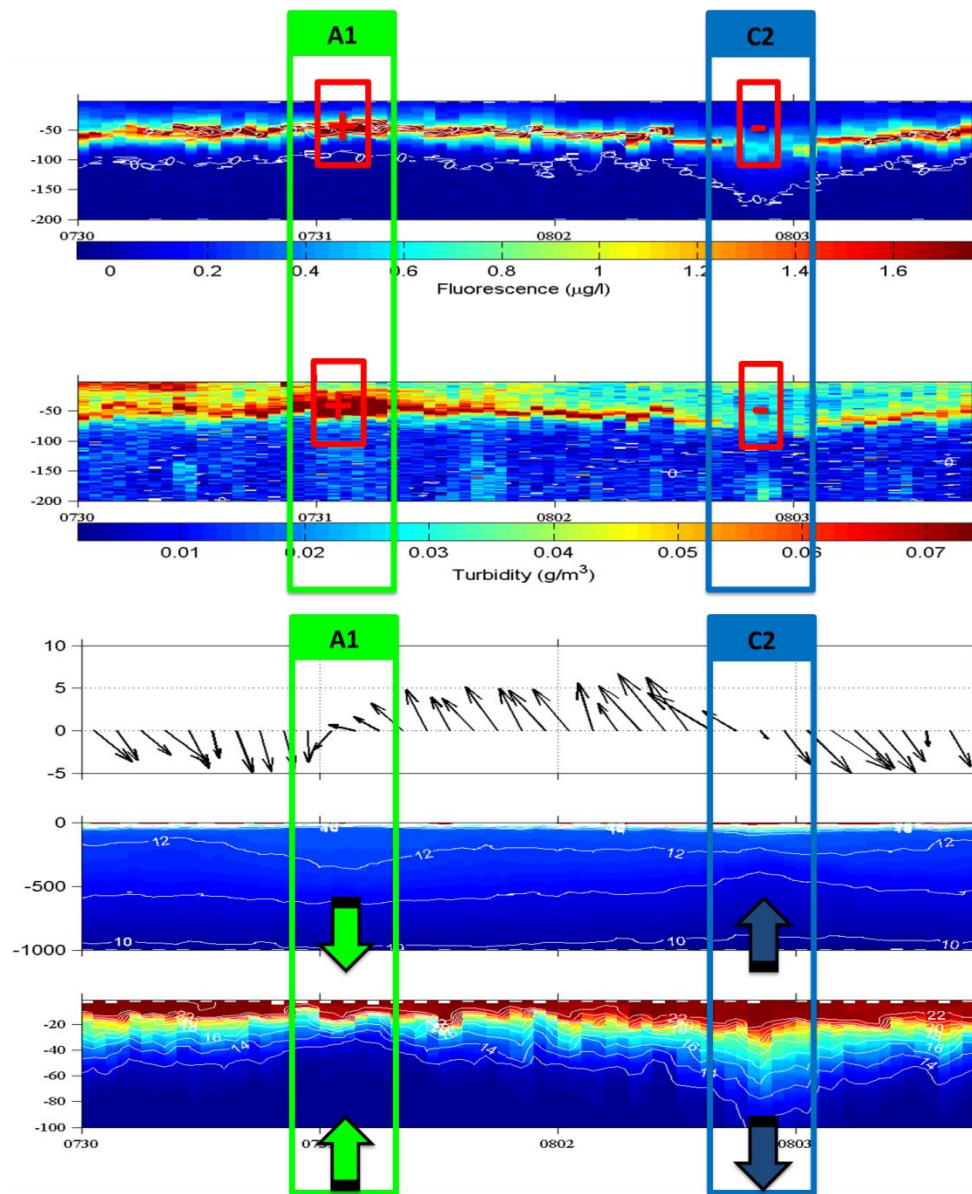


Figura 48. Perfiles verticales de fluorescencia, turbidez y temperatura del mar (hasta 1000m y 100m de profundidad) medidos por el glider a lo largo del transecto. La dirección de las corrientes se representa con flechas. Tanto el ciclón (azul) como el anticiclón (verde) están representados en la figura.

Según los datos de marcaje electrónico y estudios de telemetría acústica, los juveniles de bonito suelen permanecer por encima de la termoclina estacional

durante su permanencia en las zonas de alimentación estivales (Goñi *et al.*, 2009). Es por ello que la profundidad de la termoclina y la variabilidad de la misma asociada a remolinos mesoescalares, es de gran importancia para la capturabilidad de esta especie por la flota vasca de cebo vivo y cacea. Así lo confirman además los resultados de otros estudios (Chen *et al.*, 2005).

6. CONCLUSIONES

6.1 Disponibilidad de datos de la flota vasca

- ✓ Los diarios electrónicos nos ofrecen una información muy importante sobre la fecha y la posición de la captura, la cual puede ser utilizada para diversos análisis de estudio. Si bien la localización exacta de la captura es una información muy precisa, no disponemos de esta información para todos los lances del registro. Por otra parte, utilizando la posición del rectángulo ICES para georeferenciar la captura disponemos de una mayor cantidad de información para realizar en análisis, a pesar de perder precisión espacial. Como conclusión, teniendo en cuenta el objetivo de estudio, decidiremos utilizar uno u otro tipo de información sobre la posición de las capturas.

- ✓ La información obtenida a partir de los kilogramos desembarcados en puertos nos ha permitido corregir las capturas registradas por los pescadores en los logbooks. Sin embargo, este ejercicio solo se ha podido realizar con las capturas del 2013, ya que para años anteriores no disponemos de partidas desembarcadas en puertos fuera de la CAV. Sería de gran importancia poder tener el registro de todos los desembarcos (dentro y fuera de la CAV) de la flota vasca de bonito.

- ✓ La información que obtenemos de los datos VMS, nos permite hacer un seguimiento de la zona de actividad de la flota. Además podemos calcular las CPUEs de cada flota, es decir, el peso capturado en relación a las horas empleadas en la búsqueda de bonito (efuerzo). Para este estudio en concreto no hemos podido obtener los datos VMS del 2013. Subrayamos la importancia de tener disponibilidad de estos datos para poder seguir construyendo la serie de CPUEs de la flota vasca de bonito (cacea y cebo vivo).

6.2 Análisis de los datos de captura

- ✓ La flota de cacea cubre una zona de pesca más amplia mientras que la flota de cebo vivo centra su actividad en aguas dentro del golfo. Sin embargo, últimamente la flota de cebo vivo ha tenido que explorar aguas más oceánicas, fuera de su área de pesca habitual.
- ✓ A pesar de que la flota de cacea recorre más millas para pescar, las capturas por unidad de esfuerzo (CPUEs, kg/h) de la flota de cebo vivo son mayores que las de cacea.
- ✓ La localización de las capturas muestra un claro desplazamiento estacional. Al inicio de la costera, las capturas tienen lugar en zonas oceánicas, mientras que a finales de julio-principios de agosto una gran parte de los lances suelen realizarse en áreas asociadas al talud.

6.3 Estudio del hábitat preferencial del bonito: periodo 2009-2012

- ✓ Existe variabilidad espacial en la localización de las zonas de pesca entre los diferentes años de estudio. 2009 y 2010 son descritos como años oceánicos, mientras que en 2011 y 2012, una gran parte de las capturas fueron realizadas cerca y/o sobre el talud del Golfo de Vizcaya.
- ✓ Hemos podido observar que las zonas donde las CPUEs han sido más altas presentan estructuras topográficas como promontorios submarinos o bancos donde las características batimétricas marcan la diferencia.
- ✓ La representación de “composites” muestra que, de entre las variables oceanográficas consideradas, la temperatura integrada en la columna de agua y la altura de la superficie del mar afectan la variabilidad de las CPUE para el caso de la cacea.

- ✓ Con el objetivo de confirmar los resultados anteriores, se aplicó una metodología independiente (Correlaciones Canónicas), para la cual se utilizaron datos de capturas procedentes de otras fuentes (capturas por rectángulo estadístico ICES).
- ✓ El análisis de correlaciones canónicas entre temperatura integrada y altura de la superficie del mar, como variables predictoras, y capturas por rectángulo ICES, como variable dependiente, confirma los resultados anteriores.
- ✓ Cabe destacar que ambos análisis (“composites” y Correlaciones Canónicas) confirman que tanto la altura del nivel del mar como la temperatura promedio influyen en buena parte la variabilidad de las capturas de bonito. El estudio de dichas interacciones requiere de un análisis exhaustivo y detallado basado en series oceanográficas observacionales y/o simulaciones numéricas, quedando su estudio abierto a futuras investigaciones.
- ✓ Las diferencias batimétricas de las posiciones de capturas también son significativas dentro de cada costera. Las capturas de bonito se desplazan de aguas oceánicas a aguas relacionadas con el talud según avanza la temporada de la costera.
- ✓ Esta diferencia es sobre todo marcada en 2010, en el caso de la flota de cacea, el cual de junio a agosto ha trabajado en aguas oceánicas, mientras que de agosto a octubre se ha centrado en aguas de talud.
- ✓ Dentro del Golfo de Vizcaya, durante algunos años, las capturas de bonito tienen lugar en zonas con presencia de anchoa. Sin embargo, el modelo GAM explica una parte no muy alta de la varianza. El porcentaje de variabilidad explicada podría ser mayor al introducir variables oceanográficas que en puntos anteriores han mostrado ser importantes para la distribución de bonito.

- ✓ Cuando la biomasa de anchoa del agua es baja, existe un efecto positivo de la biomasa de anchoa sobre las CPUEs. Sin embargo, cuando la presencia de anchoa en el medio es mayor, se ha observado que la dependencia es inversa, probablemente debido al efecto saciante que tiene la anchoa del medio marino en el bonito; como consecuencia, deducimos que no pica al cebo que la flota pesquera le ofrece.

6.4 Estudio de la distribución del bonito y las condiciones oceanográficas durante los meses de verano del 2013

- ✓ La variabilidad del atún depende de la variabilidad de la corriente del Golfo, que a su vez depende de la variabilidad atmosférica del Atlántico Norte. Dicha variabilidad se puede representar a través del índice GSI y la NAO, respectivamente.
- ✓ En 2013, un índice GSI negativo durante los primeros meses del año, ha podido favorecer el desplazamiento de juveniles de bonito hacia zonas productivas del golfo. Cabe destacar que en 2013 una gran parte del esfuerzo pesquero de la flota vasca se localizó en el Golfo de Vizcaya.
- ✓ Al inicio de la costera, las capturas de bonito muestran un desplazamiento hacia el norte siguiendo los rangos óptimos de temperatura y aguas de mayor presencia de fitoplancton. Además muchas de las capturas tiene lugar en zonas de gran contenido energético, asociados a remolinos.
- ✓ En el Golfo de Vizcaya, las mediciones llevadas a cabo en la campaña GESEBB han hecho posible la caracterización hidrográfica de una zona importante de actividad pesquera de la flota vasca de bonito.
- ✓ La presencia de remolinos ciclónicos como anticiclónicos influye en las características hidrográficas de la zona, tanto en la superficie (frentes de temperatura y clorofila) como en la columna de agua (profundidad de la termoclina y el máximo de clorofila).

- ✓ La presencia de capturas de bonito entre un remolino ciclónico y un remolino anticiclónico demuestra que las condiciones que encuentran en las periferias de los remolinos son óptimos para su presencia.

7. INVESTIGACIONES FUTURAS

- Este proyecto ha sido posible gracias parte a la disponibilidad de datos de la flota vasca de bonito. Sin embargo, para muchos de los análisis que se han pretendido realizar nos hemos encontrado con el problema de disponer de una serie temporal de datos demasiada corta. Para futuros trabajos, sería muy importante poder recopilar más años da datos de diarios electrónicos, desembarcos en Puerto y datos VMS. De esta forma, aplicaríamos la metodología utilizada en este trabajo (con los modelos de programación ya adelantados) a los nuevos datos y poder así obtener resultados más fiables y consistentes.
- Además, sería muy interesante poder contar con la información de capturas de otras flotas pesqueras que faenan en las mismas zonas que la flota vasca de bonito. Esto nos permitiría hacer un análisis conjunto sobre las zonas de pesca y estudiar la variabilidad espacio-temporal de las principales zonas de pesca para poder así comprobar la teoría que durante los últimos años está tomando fuerza: las zonas de pesca de bonito se están desplazando hacia el norte, de manera que hay menos presencia de bonito dentro del golfo y más en aguas al sur de Irlanda.
- Un estudio que queda pendiente de realizar es el análisis geostadístico de las capturas. Al disponer de datos georreferenciados de las capturas de bonito es posible utilizar métodos estadísticos teniendo en cuenta la variabilidad espacio-temporal de las capturas. Una manera sería identificar centroides de capturas y definirlos como zonas principales de pesca para posteriormente trabajar sobre ellas (y no con posiciones puntuales de capturas).
- Un análisis conjunto de factores bióticos y abióticos para poder construir un modelo que explique la variabilidad de las CPUEs. Esto posibilitaría poder crear escenarios diferentes y realizar predicciones sobre esos escenarios.

- ✓ Cabe destacar que ambos análisis (“composites” y Correlaciones Canónicas) confirman que tanto la SSH como la temperatura promedio influyen en buena parte la variabilidad de las capturas de bonito. El estudio de dichas interacciones requiere de un análisis exhaustivo y detallado basado en series oceanográficas observacionales y/o simulaciones numéricas, quedando su estudio abierto a futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvera-Azcarate, A., Barth, A., Beckers, J-M., 2008. Thermocline characterization on modeled and observed temperature profiles: a technique for model error evaluation. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-03926. EGU General Assembly 2008.
- Arregui, I., Arrizabalaga, H., Kirby, D.S. Martín-Gonzales, J.M., 2006. Stock-environment-recruitment models for North Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*). *Fisheries Oceanography*, 15: 402-412.
- Arrizabalaga, H., López Rodas, V., Ortiz de Zarate, V., Costas, E. y A. González-Garés, 2002. Study on the migrations and stock structure of albacore (*Thunnus alalunga*) from the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea based on conventional tag release-recapture experiences. *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, 54 (5): 1479-1494.
- Bard, F.X., Santiago, J., 1999. Review of albacore (*T. alalunga*) historical surface fisheries data (1920-1975) for possible relationships with North Atlantic Oscillation. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 49: 311-323.
- Barnett, T.P., Preisendorfer, R.W., 1987. Origins and levels of monthly and seasonal forecast skill for United States surface air temperatures determined by canonical correlation analysis. *Monthly Weather Review*, 115: 1,825-1,850.
- Bastardie, F., Nielsen, J.R., Ulrich, C., Egekvist, J., Degel, H., 2010. Detailed of fishing effort and landings by coupling fishing logbooks with satellite-recorded vessel geolocation. *Fisheries Research* 106, 41–53.
- Boyra, G., Martínez, U., Cotano, U., Santos, M., Irigoien, X., Uriarte, A., 2013. Acoustic surveys for juvenile anchovy in the Bay of Biscay: abundance estimate as an indicator of the next year's recruitment and spatial distribution patterns. *ICES J. Mar. Sci.* 70(7): 1354-1368.
- Chen, I-C., Lee, P-F., Tzeng, W-N., 2005. Distribution of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Indian Ocean and its relation to environmental factors. *Fisheries Oceanography*, 14: 71-80.
- Cosgrove, R., Minto, C., Sheridan, M., Officer, R., 2013. Standardised catch rates of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) from the Irish mid water paired trawl fleet 2003-2012. SCRS-13-060.
- Dufour, F., 2010. Méta-analyse des effets de l'environnement sur la dynamique des stocks de thonidés. Tesis Doctoral, Université de Pau et des pays de l'Adour, Pau, 203 pp.
- Fiedler, P.C., Bernard, H.J., 1987. Tuna aggregation and feeding near fronts observed in satellite imagery. *Continental Shelf Research*, 7: 871-881.
- Gerritsen, H., Lordan, C., 2011. Integrating vessel monitoring systems (VMS) data with daily catch data from logbooks to explore the spatial distribution of catch and effort at high resolution. *ICES Journal of Marine Science*, 68(1): 245-252.

- Goikoetxea, N., Fontán, A., Goñi, N., Caballero, A., Sagarminaga, Y., Arrizabalaga, H., Chifflet, M., Santiago, J., Arregi, I., Mader, J., 2012. Efectos de las condiciones océano-meteorológicas en el comportamiento, seguimiento y evaluación de los túnidos (ECOMET). Elaborado por AZTI-Tecnalia para Eusko Jaurlaritza-Gobierno Vasco, Dpto. MAPTAP, Viceconsejería de Pesca e Industrias Alimentarias
- Goñi, N. y H. Arrizabalaga, 2005. Analysis of juvenile North Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*) catch per unit effort by surface gears in relation to environmental variables. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 1475-1482.
- Goñi N, Arregui I, Lezama A, Arrizabalaga H y G. Moreno, 2009. Small scale vertical behaviour of juvenile albacore in relation to their biotic environment in the Bay of Biscay. in Nielsen J., Arrizabalaga H., Fragoso N., Hobday A., Lutcavage M. and Sibert J. (eds), Tagging and Tracking of Marine Animals with Electronic Devices (Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries, vol. 9, part I, 51-73), Springer Academic Publishers.
- Goñi, N., Logan, J., Arrizabalaga, H., Jarry, M. y M. Lutcavage, 2011. Variability of albacore (*Thunnus alalunga*) diet in the Northeast Atlantic and the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 158(5): 1057-1073.
- Fromentin, J-M., 2002. Is the recruitment a key biological process in the hypothetical NAO-Atlantic tunas relationship? *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 54: 1008-1016.
- Havard-Duclos, F., 1973. La pêche au germon dans le Golfe de Gascogne. Influence de la temperature sur le déplacement des mattes. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 1: 341-370.
- Hintzen, N.T., Bastardie, F., Beare, D., Piet, G.J., Ulrich, C., Deporte, N., Egekvist, J., Degel, H., 2012. VMStools: Open-source software for the processing, analysis and visualisation of fisheries logbook and VMS data. *Fisheries Research*, 115-116: 31-43.
- ICCAT, 2013. Report of the 2013 ICCAT North and South Atlantic albacore stock assessment meeting (Sukarrieta, Spain - June 17 to 24, 2013): 114 pp.
- Kirby, D.S., Fiksen, O., Hart, P.J.B., 2000. A dynamic optimization model for the behaviour of tunas at ocean fronts. *Fisheries Oceanography*, 9: 328-342.
- Laurs, R.M., Fiedler, P.C., Montgomery, D.R., 1984. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. *Deep Sea Research*, 31: 1085-1099.
- Lezama-Ochoa, A., Boyra, G., Goñi, N., Arrizabalaga, H., Bertrand, A., 2010. Investigating relationships between albacore tuna (*Thunnus alalunga*) CPUE and prey distribution in the Bay of Biscay. *Progress in Oceanography*, 86: 105-114.
- Nencioli, F., Dickey, T.D., Kuwahara, V.S., Bidigare, R.R., Rii, Y.M., 2008. Physical dynamics and biological implications of a mesoscale eddy in the lee of Hawaii: cyclone Opal observations during E-Flux III". *Deep-Sea Research Part II*, Vol 55, pp 1252-1274. doi:10.1016/j.dsr2.2008.02.003

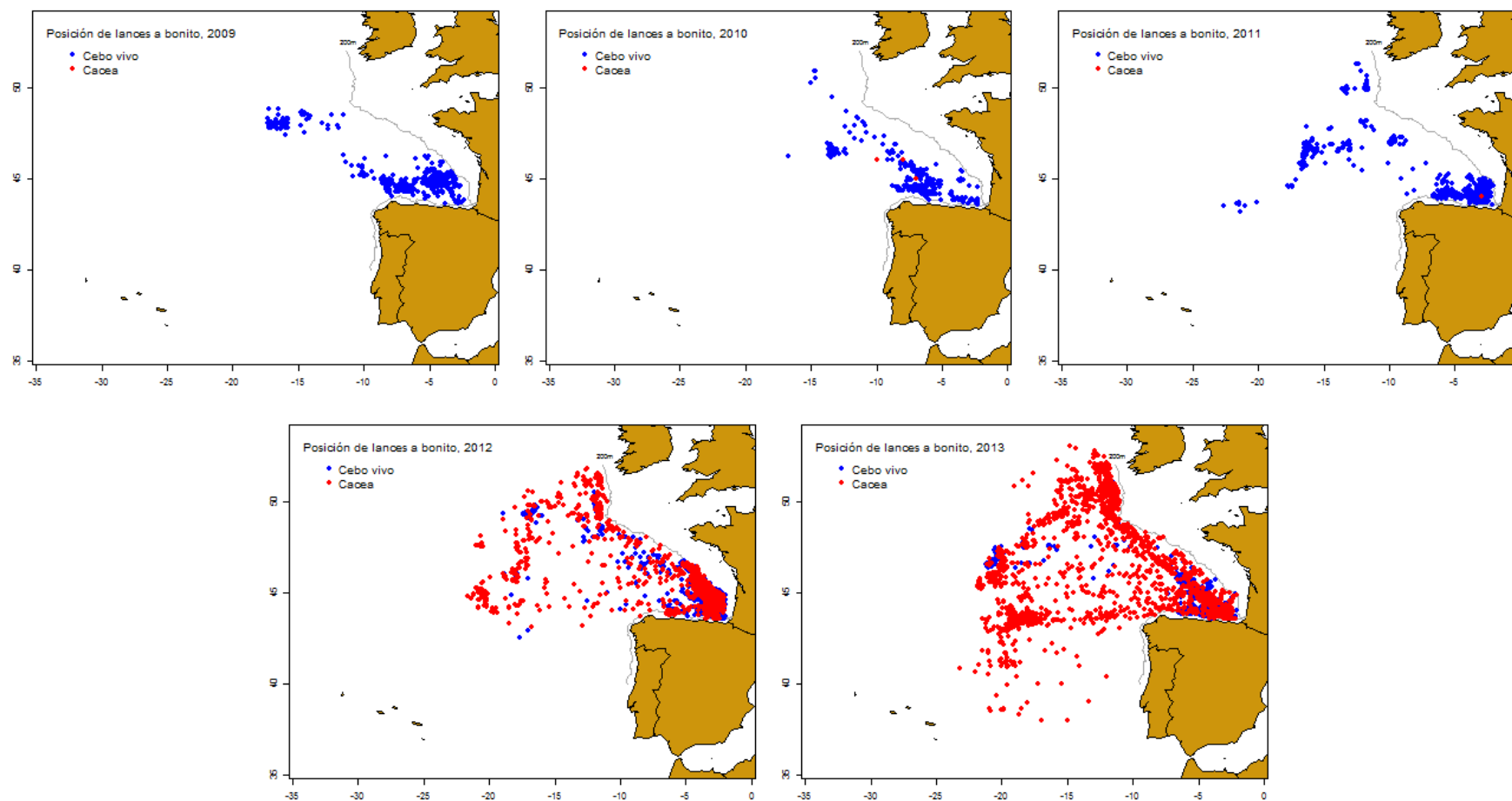
- Ortiz de Zarate, V., Lavín, A., Moreno-Ventas, X., 1998. Is there a relationship between environmental variables and the Surface catch of albacore (*Thunnus alalunga*, Bonnaterre, 1788) in the North Atlantic? *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 48: 250-252.
- Polovina, J.J., Howell, E.A., Kobayashi, D.R., Seki, M.P., 2001. The transition zone chlorophyll front, a dynamic global feature defining migration and forage habitat for marine resources. *Progress in Oceanography*, 49: 469-483.
- Reddy, R., Lyne, V., Gray, R., Easton, A., Clarke, S., 1995. An application of satellite-derived sea surface temperature to southern Bluefin tuna and albacore off Tasmania, Australia. *Scientia Marina*, 59: 445-454.
- Reverdin, G., Marié, L., Lazure, P., d'Ovidio, F., Boutin, J., Testor, P., Martin, N., Lourenco, A., Gaillard, F., Lavin, A., Rodriguez, C., Somavilla, R., Mader, J., Rubio, A., Blouch, P., Pollard, J., Bozec, Y., Charria, G., Batifoulier, F., Dumas, F., Louazel, S., Chanut, J., 2013. Freshwater from the Bay of Biscay shelves in 2009. *Journal of Marine Systems*, 109-110: 134-143.
- Sagarminaga, Y. y H. Arrizabalaga, 2010. Spatio-temporal distribution of albacore (*Thunnus alalunga*) catches in the northeastern Atlantic: relationship with the thermal environment. *Fisheries Oceanography*, 19(2): 121-134.
- Santiago, J., 2004. Dinámica de la población de atún blanco (*Thunnus alalunga*, Bonnaterre 1788) del Atlántico Norte. Tesis Doctoral, Euskal Herriko Unibertsitatea, Leioa: 320 pp.
- Sherman, K. y H. R. Skjoldal, 2002. Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability. Large Marine Ecosystems Series. Elsevier Science, The Netherlands, 449p.
- Sund, P.N., Blackburn, M., William, F., 1981. Tunas and their environment in the Pacific ocean: a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 19: 443-512.
- Taylor, A.H., Jordan, M.B. y J.A. Stephens, 1998. Gulf Stream shifts following ENSO events. *Nature*, 393: 638.
- Young, J.W., Hunt, B., Cook, T., Llopiz, J., Hazen, E.L., Pethybridge, H., Ceccarelli, D., Lorrain, A., Olson, R.J., Allain, V., Menkes, C., Patterson, T., Nicol, S., Lehodey, P., Kloser, R., Arrizabalaga, H., Choy, C.A., 2014. The trophodynamics of marine top predators: Current knowledge, recent advances and challenges. *Deep Sea Research Part II*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2014.05.015>
- Zainuddin, M., Saitoh, K. y S. Saitoh, 2004. Detection of potential fishing ground for albacore tuna using synoptic measurements of ocean color and thermal remote sensing in the northwestern North Pacific. *Geophysical Research Letters*, 31: L20311.
- Zainuddin, M., Kiyofuji, H., Saitoh, K. y S. Saitoh, 2006. Using multi-sensor satellite remote sensing and catch data to detect ocean hot spots for albacore (*Thunnus alalunga*) in the northwestern North Pacific. *Deep Sea Research II*, 53, 419-431.

AGRADECIMIENTOS

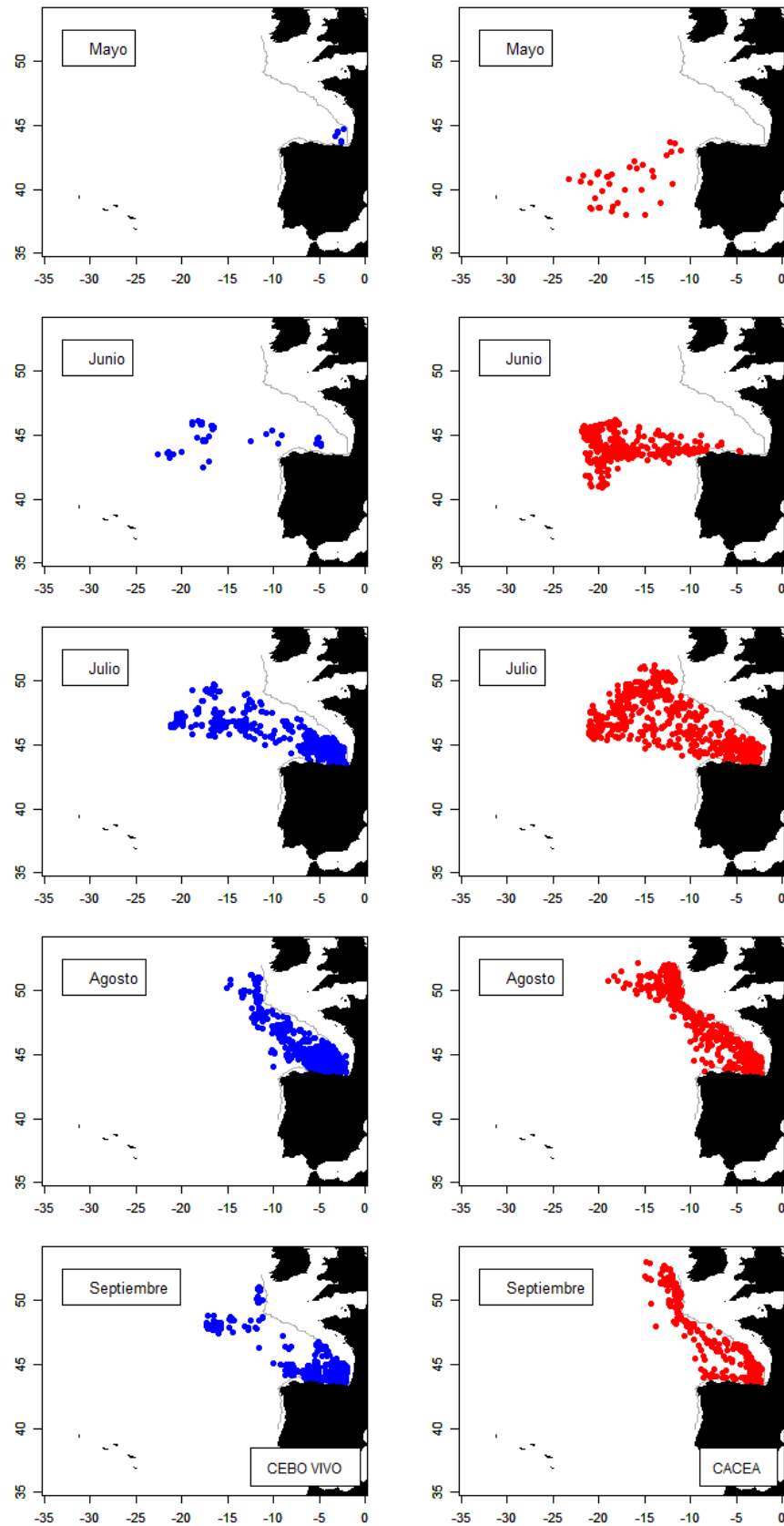
Los autores de este informe quieren agradecer a los siguientes organismos por la disponibilidad de parte los datos utilizados en este trabajo: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas), Plymouth Marine Laboratory and NASA (National Aeronautics and Space Administration). La campaña GESEBB ha sido financiada por JERICO TNA (Trans National Access). La campaña JUVENA ha sido financiada por “Eusko Jaurlaritza-Gobierno Vasco, Ekonomiaren Garapen eta Lehiakortasun Saila-Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad, Nekazaritza, Arrantza et Eli. Politika saila-Vice. de Agricultura, Pesca y Políticas Alimentarias” y por el Gobierno de España “Administración del Estado, Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, Secretaría General de Pesca”. Asimismo, dirigimos un especial agradecimiento a la Secretaria General del Mar, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, por facilitarnos los detalles de los diarios electrónicos de pesca de la flota vasca de cebo vivo y cacea. Nuestro más sincero agradecimiento también a la Dirección de Pesca y Acuicultura, que a través del instrumento del Fondo Europeo de Pesca (Reglamento (CE) nº 1198/2006, del Consejo, de 27 de julio de 2006) ha hecho posible que este proyecto se llevara a cabo gracias a su financiación.

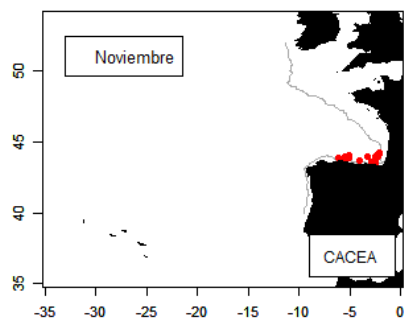
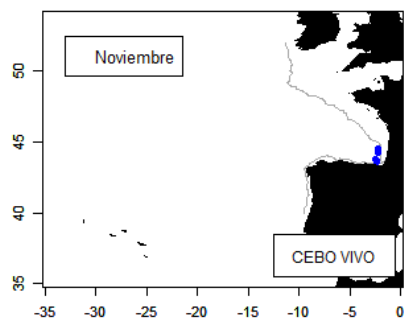
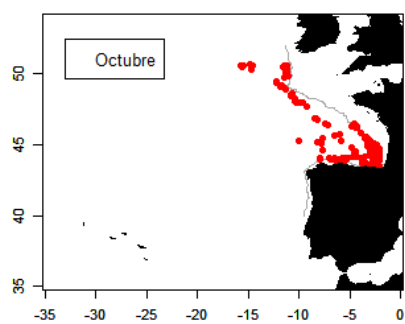
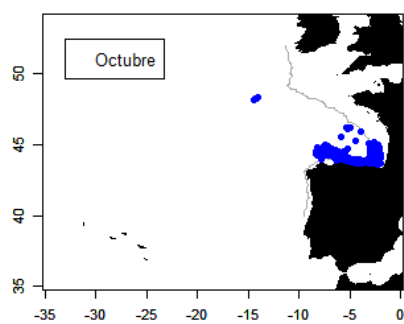
ANEXO A – FIGURAS COMPLEMENTARIAS

ANEXO A.1: DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LANCES (POSICIÓN EXACTA)

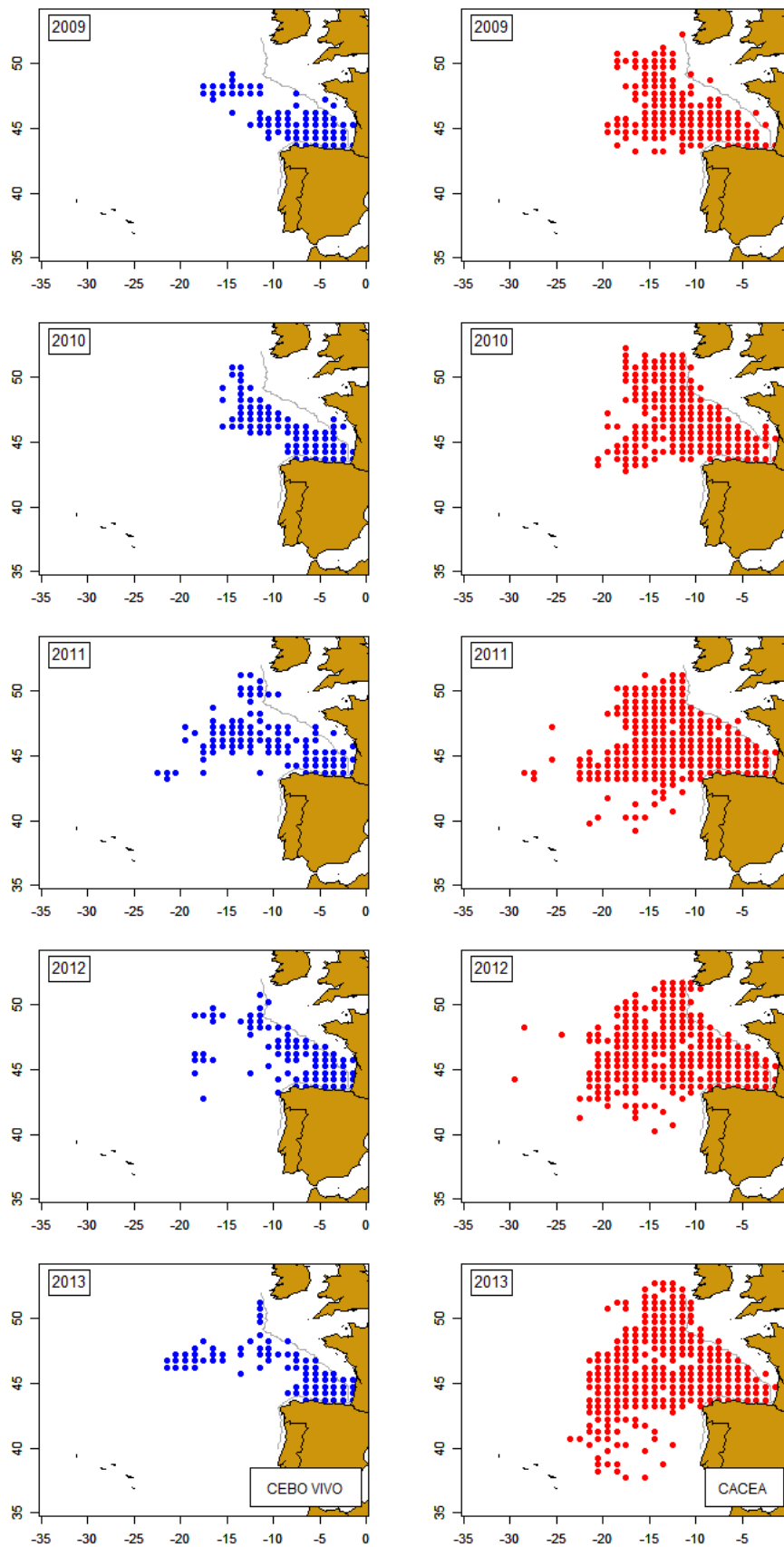


ANEXO A.2: DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LANCES (POS. EXACTA)

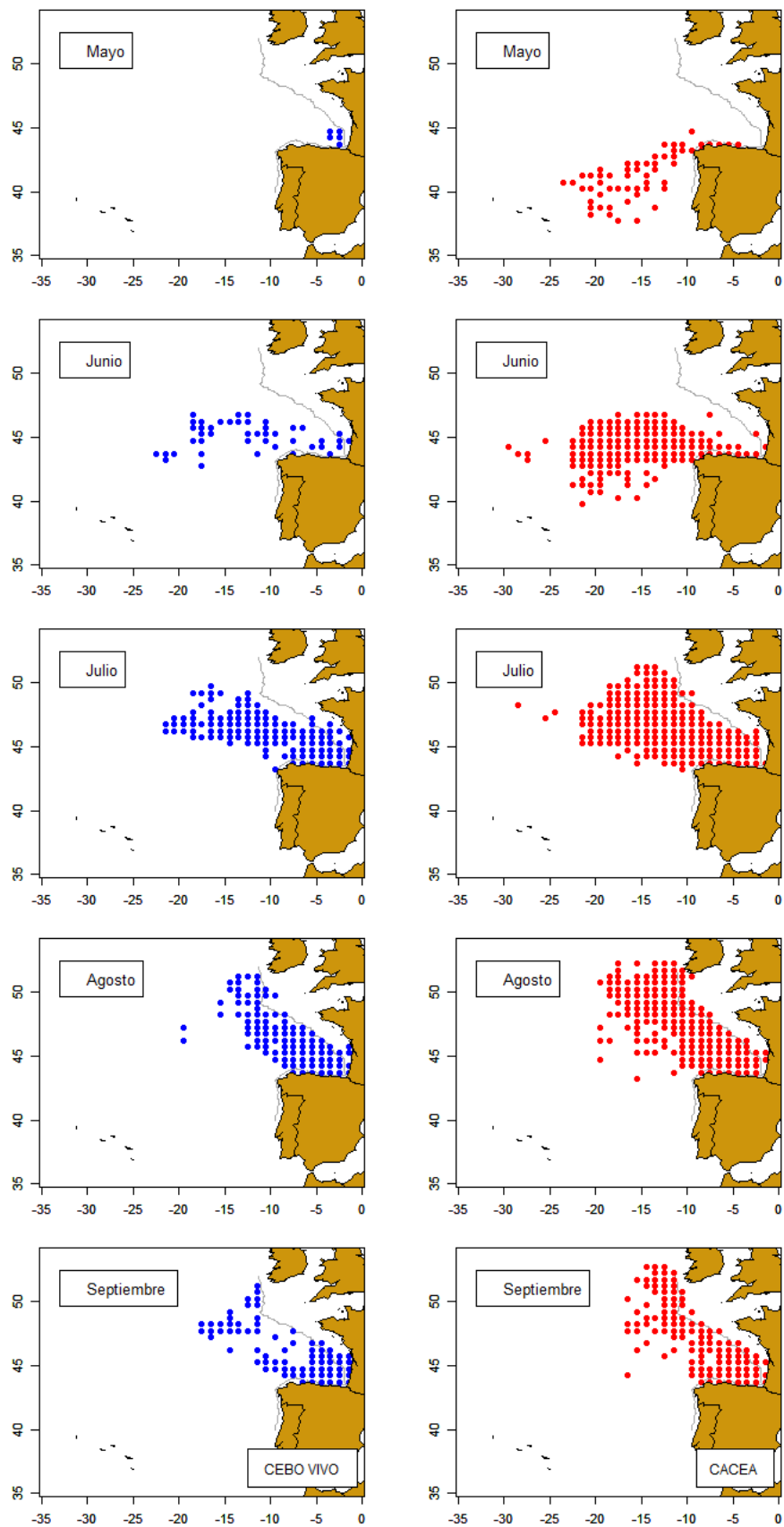


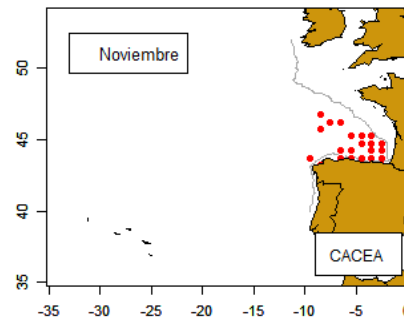
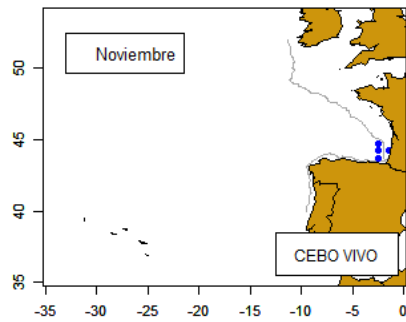
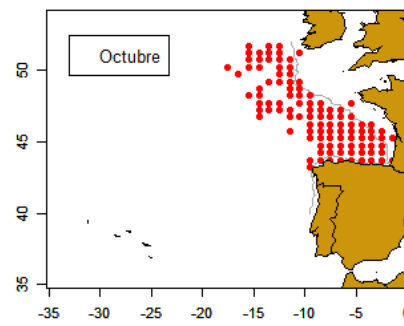
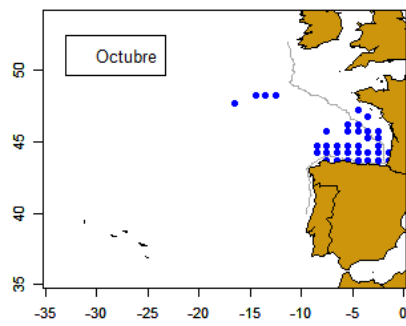


ANEXO A.3: DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LANCES (RECT. ICES)

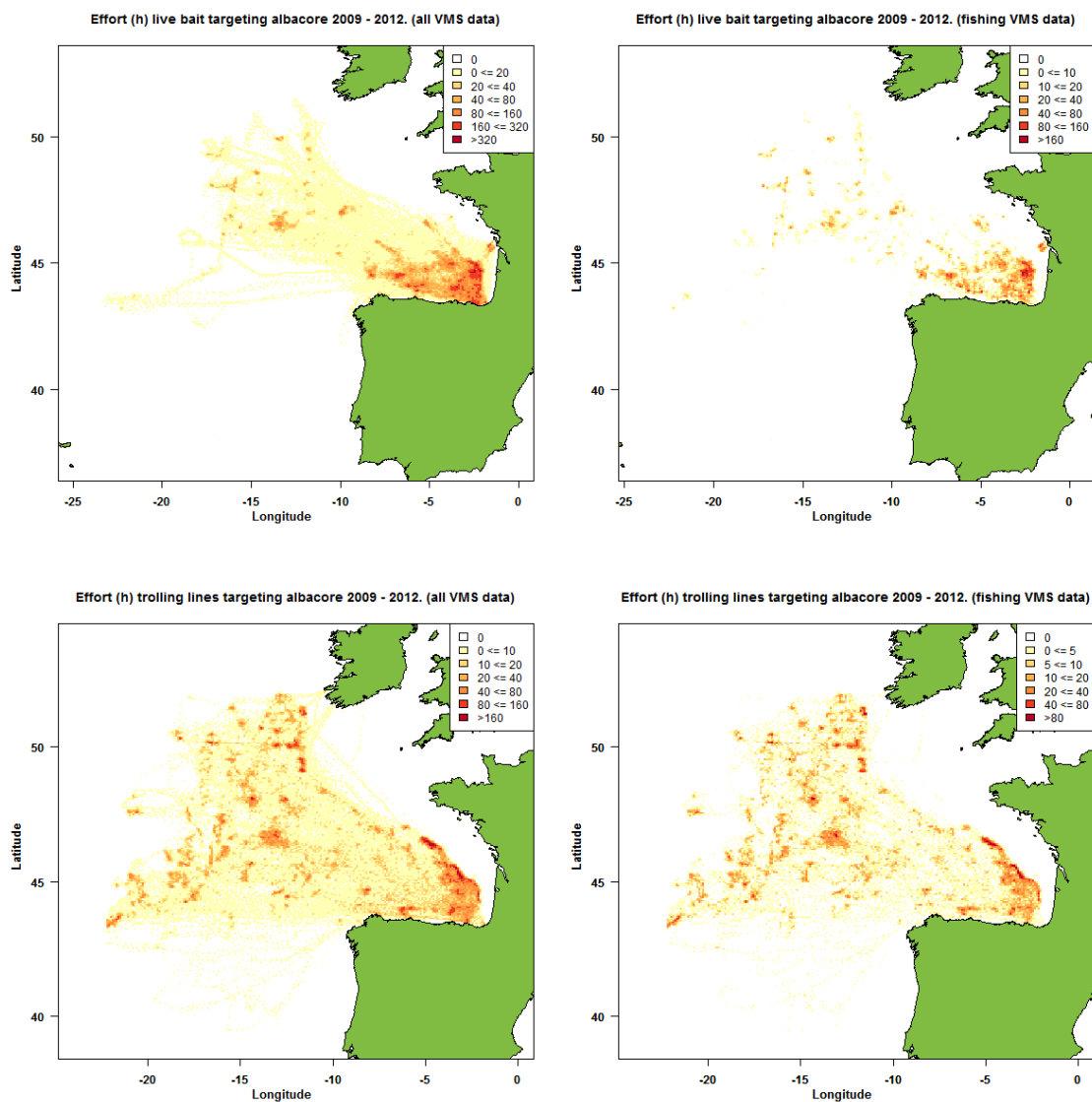


ANEXO A.4: DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LANCES (RECT. ICES)



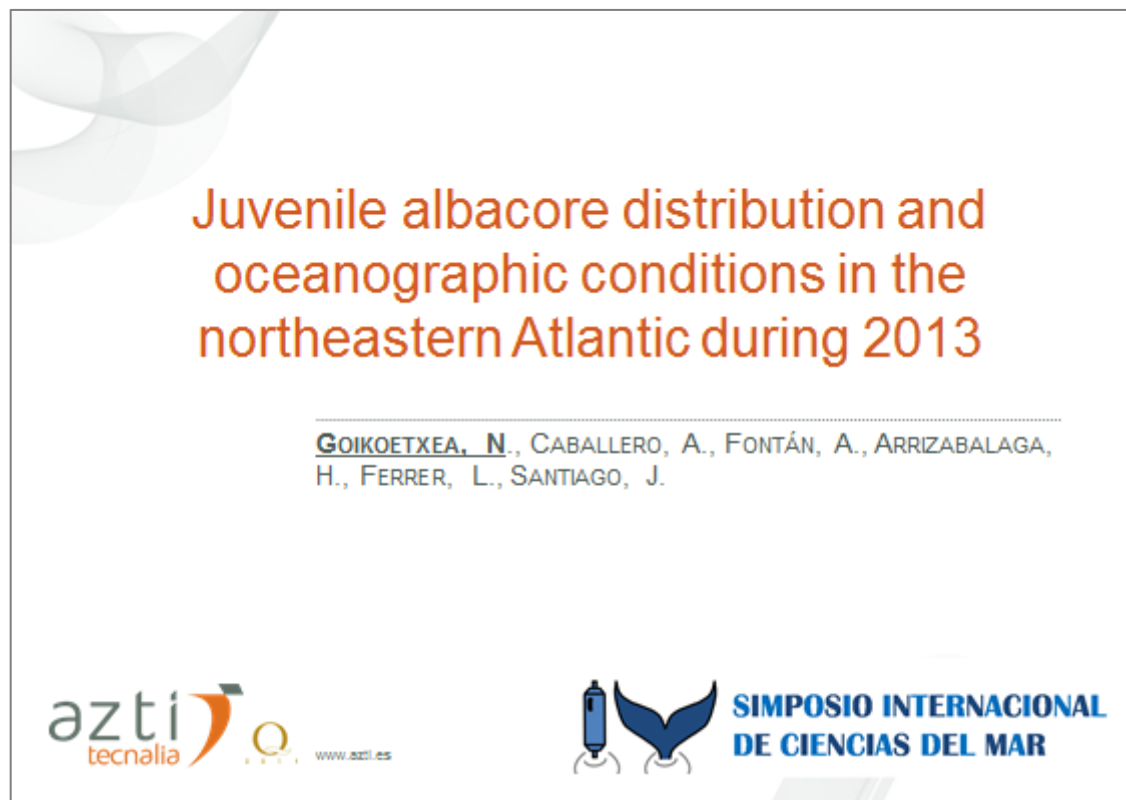


ANEXO A.5: COBERTURA TOTAL DE LA ZONA DE ACTUACIÓN DE LA FLOTA



ANEXO B – CONTRIBUCIONES EN CONGRESOS

B.1 Presentación oral en el Simposio Internacional de Ciencias del mar celebrado en Las Palmas de Gran Canaria, del 11 al 13 de junio del 2014



B.2 Presentación oral en el XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina
celebrado en Gijón, del 2 al 5 de septiembre del 2014



**Juvenile albacore distribution during its trophic
migration to the northeastern Atlantic area:
an analysis for the 2009-2012 period**

GOIKOETXEA, N., ZARAUZ, L., MUGERZA, E., ARREGUI, I.,
GOÑI, N., ARRIZABALAGA, H., SANTIAGO, J.

azti tecnalia www.azti.es

 **SIEBM**
XVIII SIMPOSIO IBÉRICO DE ESTUDIOS DE
BIOLOGÍA MARINA



B.3 Poster presentado en el XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina celebrado en Gijón, del 2 al 5 de septiembre del 2014

