

*Escribe aquí
tu frase favorita.*

E indica aquí su autor

Agradecimientos

This study has been conducted using WEkEO DIAS Information, provided by Copernicus Marine Service

<https://doi.org/10.48670/moi-00171>

<https://doi.org/10.48670/moi-00152>

<https://doi.org/10.48670/moi-00173>

Índice general

Índice de figuras	II
Índice de tablas	III
Índice de algoritmos	IV
1. Metodología	1
1.1. Análisis inicial: Portugal 2019	1
1.2. Análisis temporal: Portugal 1982-2022 en baja resolución	5
2. Resultados y Discusión	7
2.1. Análisis inicial: Portugal 2019	7
2.2. Análisis temporal: Portugal 1982-2022 en baja resolución	13
2.3. Análisis en curso: Costa Pacífico sudeste	14
Lista de Acrónimos	23
A. Apéndice A	24
B. Apéndice B	26
Bibliografía	27

Índice de figuras

2.1. Obtención de datos	8
2.2. Preprocesado de los datos de nivel 4	9
2.3. Segmentación STSEC	9
2.4. Análisis de la segmentación STSEC	10
2.5. Histogramas de temperatura STSEC	11
2.6. Características para cada región STSEC	12
2.7. Tratamiento de los outliers por K-promedios	14
2.8. Segmentación avanzada core-shell	15
2.9. Evolución temporal: preprocesado	16
2.10. Evolución temporal: análisis STSEC	17
2.11. Evolución temporal. Segmentación STSEC exitosa 1982	18
2.12. Evolución temporal. Segmentación STSEC fallida 2011	18
2.13. Evolución temporal: área afectada	19
2.14. Evolución temporal: extensión en latitud	19
2.15. Evolución temporal: temperaturas	20
2.16. Océano Pacífico Sudoeste. Temperatura y clorofila	21



Índice de tablas

2.1. Segmentación temporal K-promedios inteligentes	13
---------------------------------------------------------------	----

Índice de algoritmos

1.	Descarga y preprocessado de imágenes	2
2.	Segmentación STSEC	3
3.	Segmentación temporal de la salida STSEC. K-promedios inteligentes	4
4.	Segmentación core-shell	5

Metodología

1

1.1. Análisis inicial: Portugal 2019

En un primer lugar, se trató de reproducir los resultados de [Nascimento et al. \(2022\)](#) para una época concreta, 2019, en la que había diversos datos de alta calidad disponible

Se utilizaron tres conjuntos de datos de temperatura marina superficial en la costa de Portugal obtenidos mediante la plataforma Copernicus WEkEO ([wek](#)). Todos tienen nivel 4 de procesado, lo cuál proporciona datos diarios en una proyección cilíndrica (WSC84).

1. Alta resolución: Mediterráneo (incluyendo la península Iberica) con resolución mejor que 0.01° ([Buongiorno Nardelli et al.](#))
2. Media resolución: Atlántico Norte (incluyendo la península Iberica) con resolución de 0.02° ([Pisano et al.](#))
3. Baja resolución: Mediterráneo (incluyendo la península Iberica) con resolución de 0.05° ([Merchant et al.](#))

Para su análisis se utilizó Python, tanto la plataforma online WEkEO como en un ordenador portátil local. Aunque los datos están listos para su consumo (nivel 4), es necesario manipularlos un poco más para poder aplicar los algoritmos de segmentación de manera óptima ([Nascimento et al., 2022](#)). El algoritmo 1 detalla todos los pasos a seguir.

Algoritmo 1: Descarga y preprocesado de imágenes

1. Descargar datos: una imagen por día en el
 - a) intervalo temporal 2019-03-30 - 2019-10-31
 - b) Rango espacial: $36 \leq \text{latitude} \leq 44$ & $-13 \leq \text{longitude} \leq -8$
 2. Para cada imagen: sustraer gradiente lineal en dirección Norte-Sur
 3. Agruparlas en bloques de 40 días con un paso de 8 días (32 días comunes en bloques consecutivos)
 4. Efectuar el promedio de las imágenes en cada bloque
 5. Para cada bloque y línea (paralelo), reemplazar los valores z por $\min(z - \bar{z}, 0)$ (normalizar valores negativos)
 6. Enmascarar (NaN) los píxeles de aguas no abiertas cercanos a la desembocadura del Tajo.
 - a) $38.6 < \text{latitude} < 39.0$ & $-9.19 < \text{sst.longitude}$
 - b) $38.68 < \text{latitude} < 38.7$ & $-9.36 < \text{longitude}$
 - c) $38.4 < \text{latitude} < 38.6$ & $\text{longitude} + 8.81 + \text{latitude} - 38.4 > 0$
 7. Salida: un fichero netCDF por cada conjunto de datos original incluyendo todo el rango temporal
-

A continuación, se aplica la segmentación a cada instante temporal utilizando la técnica STSEC de crecimiento a partir de una única semilla descrita en [Nascimento et al. \(2015\)](#). Los pasos a seguir están explicados en el algoritmo 2.

Algoritmo 2: Segmentación STSEC

1. Seleccionar píxel con valor mínimo: semilla de la segmentación del afloramiento
 2. Vecindad inicial: Ventana de 7×7 píxeles centrada en la semilla
 - a) $z = \text{NaN} \rightarrow$ píxel no pertenece al afloramiento (no está en la segmentación)
 3. Mientras haya píxeles sin asignar en la vecindad
 - a) Para cada píxel en la vecindad de valor z
 - 1) Tomar los píxeles previamente clasificados como válidos en una vecindad local de 7×7 píxeles centrada en el píxel problema
 - 2) $z < \bar{z}_{\text{vecindadlocal}} / \pi \rightarrow$ pertenece al afloramiento, o no en caso contrario
 - 3) π es un factor de similitud, 2.0 en la publicación original y 1.5 en nuestro caso
 - b) La nueva vecindad se compone de los píxeles sin clasificar en una vecindad inmediata con conectividad 8 a la vecindad usada en esta iteración
 4. Salida: segmentación STSEC para cada instante temporal
-

Una vez obtenida una segmentación inicial, es necesario agrupar los datos en rangos temporales. Para ello, se extraen una serie de características de cada imagen y se le aplica una versión modificada del algoritmo K-promedios, tal como se detalla en el algoritmo 3. Ver [Mirkin \(2005\)](#) para más detalles.

Algoritmo 3: Segmentación temporal de la salida STSEC. K-promedios inteligentes

1. Para segmentación STSEC (instante en la serie temporal)
 - a) Calcular el área total (km^2)
 - b) Calcular la extensión N-S (percentiles 1 %, y 99 % en latitud)
 - c) Calcular la temperatura promedio original
 - d) Añadir el tiempo como variable adicional
2. Normalizar los datos (promedio cero, rango total unidad)
3. Determinar centroides K-promedios inteligentes
 - a) Centroide inicial: cero
 - b) Mientras se pueda segmentar más la muestra
 - 1) Tomar como centroide exterior el punto (instante) de mayor módulo
 - 2) Mientras haya puntos (instantes) que clasificar
 - a' Añadir al conjunto exterior aquellos puntos más cercanos al centroide exterior que al origen
 - b' Recalcular el centroide exterior usando todos los puntos clasificados como tal
 - c' Retirarlos de la muestra
 - 3) Descartar conjuntos de puntos de cardinalidad 1 (outliers)
 4. Aplicar K-promedios sobre los centroides anteriores
 5. Salida: Agrupación en segmentos temporales de la salida STSEC

Finalmente, se aplica la segmentación avanzada core-shell (núcleo-vecindad), ver [Nascimento et al. \(2022\)](#), en la cual se definen dos áreas para cada afloramiento, el núcleo y la envoltura, donde el primero evoluciona más lentamente que el segundo (por rangos temporales e instantes, respectivamente). Ver algoritmo 4 para más detalles

Algoritmo 4: Segmentación core-shell

1. Para cada rango de afloramientos (segmentación K-promedios inteligentes de segmentaciones espaciales STSEC)
 - a) Inicializar el núcleo (core) como el conjunto de los píxeles $\{c_{ij}\}$ tal que la temperatura preprocesada $a_{if}^T \neq \text{NaN}$ para todos los instantes $\{T\}$ del rango
 - b) Para cada instante T , inicializar la envoltura (shell) $\{s_{ij}^T\}$ como el conjunto de píxeles válidos no en el núcleo
 - c) Para cada instante T , inicializar la temperatura del núcleo y la envoltura
 - 1) Algoritmo original: Temperatura promedio en envoltura (λ^T) y núcleo ($\lambda^T + \mu^T$). Donde $\lambda^T < 0$; $\mu^T < 0$
 - 2) Algoritmo modificado: Percentiles 20 % y 80 % de la distribución de temperatura (núcleo más frío)
 - d) Mientras no haya convergencia (segmentación estable o temperatura promedio cambia menos que un mK)
 - 1) Para cada instante, aumentar el dominio a núcleo + envoltura + vecinos válidos con conectividad 4
 - 2) Para cada píxel (i, j) e instante T , determinar la varianza si el píxel forma parte del:
 - a' Núcleo: $v_{ij}^T = (\lambda^T + \mu^T - a_{ij}^T)^2$
 - b' Envoltura: $v_{ij}^T = (\lambda^T - a_{ij}^T)^2$
 - c' No pertenece al afloramiento: $v_{ij}^T = (a_{ij}^T)^2$
 - 3) Para cada píxel, elegir qué segmentación minimiza su contribución a la varianza (núcleo para todos los instantes o combinación óptima de envoltura y no pertenencia para cada instante T)
 2. Salida: segmentación core-shell y temperaturas para cada región y tiempo
-

1.2. Análisis temporal: Portugal 1982-2022 en baja resolución

Posteriormente, se utilizaron los datos que proporcionaban la base temporal más larga, aunque con menor resolución espacial (0.05°). Se redujo ligeramente en longitud el rango espacial por dos motivos. Por una parte, los afloramientos no se alejan tanto de la costa, por otra parte, se minimiza la posibilidad de que el algoritmo se confunda y asigne la semilla en una región de alta mar en los pocos casos en los que se localiza allí el mínimo de temperatura.

Se aplicó la segmentación básica STSEC tal como se describe en la sección anterior. Para cada región e instante temporal, se calcularon todas las características utilizadas en la segmentación temporal por K-promedios inteligentes. Los resultados se muestran en el capítulo 2

Resultados y Discusión

2

2.1. Análisis inicial: Portugal 2019

La figura 2.1 muestra un ejemplo de los tres tipos de datos de nivel 4 descargados. Se aprecia como el nivel de detalle es máximo en los de alta resolución $< 0,01^\circ$ y disminuye hasta los de baja resolución 0.05° . Aún así, se aprecia que todas las resoluciones son apropiadas para caracterizar la costa adecuadamente.

Las distintas etapas del preprocesado se pueden ver en la figura 2.2: enmascaramiento de aguas quasi-interiores, sustracción de gradiente norte-sur, sustracción de promedio por paralelo y tope a cero.

Algunos ejemplos de la segmentación inicial STSEC se muestran en la figura 2.3. Se aprecian diferentes tipos de morfología: extensión reducida, cobertura total de Portugal y Galicia y conexión con los afloramientos del norte de África.

La extensión de los datos segmentados se correlaciona en amplia medida con las regiones de temperaturas preprocesadas válidas (negativas) conectadas a la semilla inicial. Se aprecia también que cada conjuntos de datos proporciona una segmentación diferente. El valor del factor de similitud tiene una influencia muy limitada. Esto se ve de una manera muy clara en la figura 2.4, que muestra para cada resolución espacial tanto la imagen preprocesada como la segmentada y los gradientes máximos en la caja de vecindad 7×7 donde se calcula la similitud. Es evidente que los gradientes son siempre pequeños cuando los valores de temperatura son negativos. Es decir, los factores que más influyen en la forma de las segmentaciones STSEC son los datos de origen y el preprocesado.

Para cada imagen STSEC de afloramientos se calculó el histograma de temperaturas preprocesadas. Esto permitió guardar los percentiles 20 % y 80 % para la posterior inicialización del algoritmo core-shell. Véase la figura 2.5

Para caracterizar mejor las diversas etapas de los afloramientos a lo largo del año, se dividió el rango total explorado (siete meses) en diversos rangos. La selección de qué imágenes pertenecen a cada grupo (segmentación temporal) se hizo en razón a una serie de características físicas estimadas para cada imagen segmentada STSEC. Se muestran en la figura 2.6, tras haber sido normalizadas a media cero y rango unidad. Se aprecia que dependiendo del tipo de datos iniciales, las características físicas son similares pero no idénticas.

La segmentación temporal se hizo de dos maneras diferentes. En primer lugar, se utilizaron únicamente las características empleadas en Nascimento et al. (2022). Sin embargo, esto

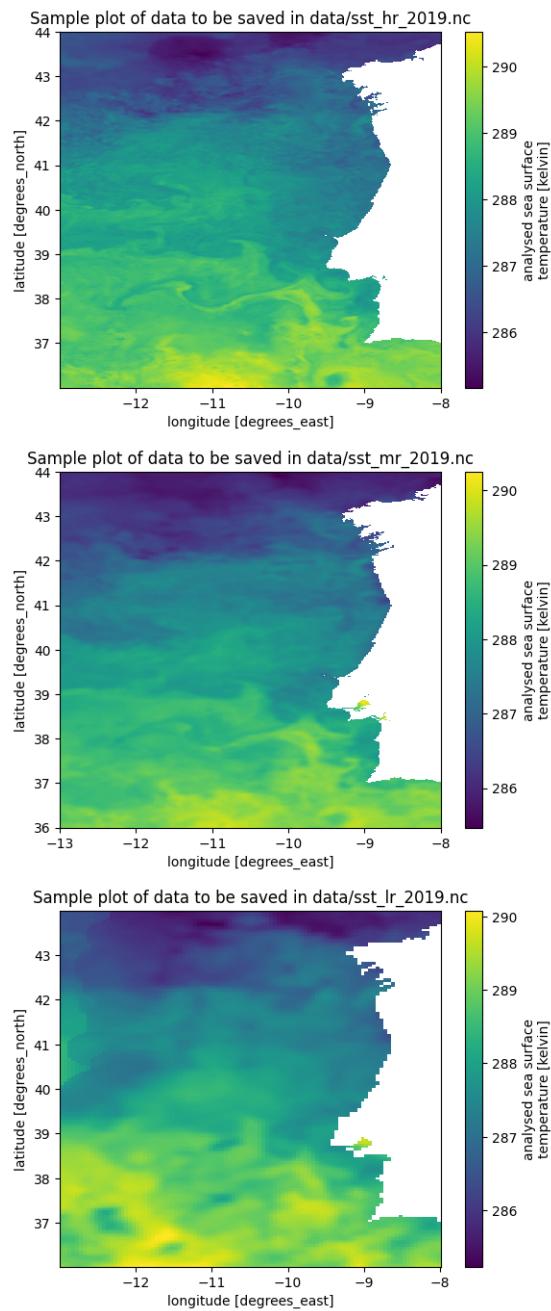


Figura 2.1: Obtención de datos. Se muestra un ejemplo de datos de nivel 4 descargados para el mismo instante temporal a distintos niveles de resolución espacial.

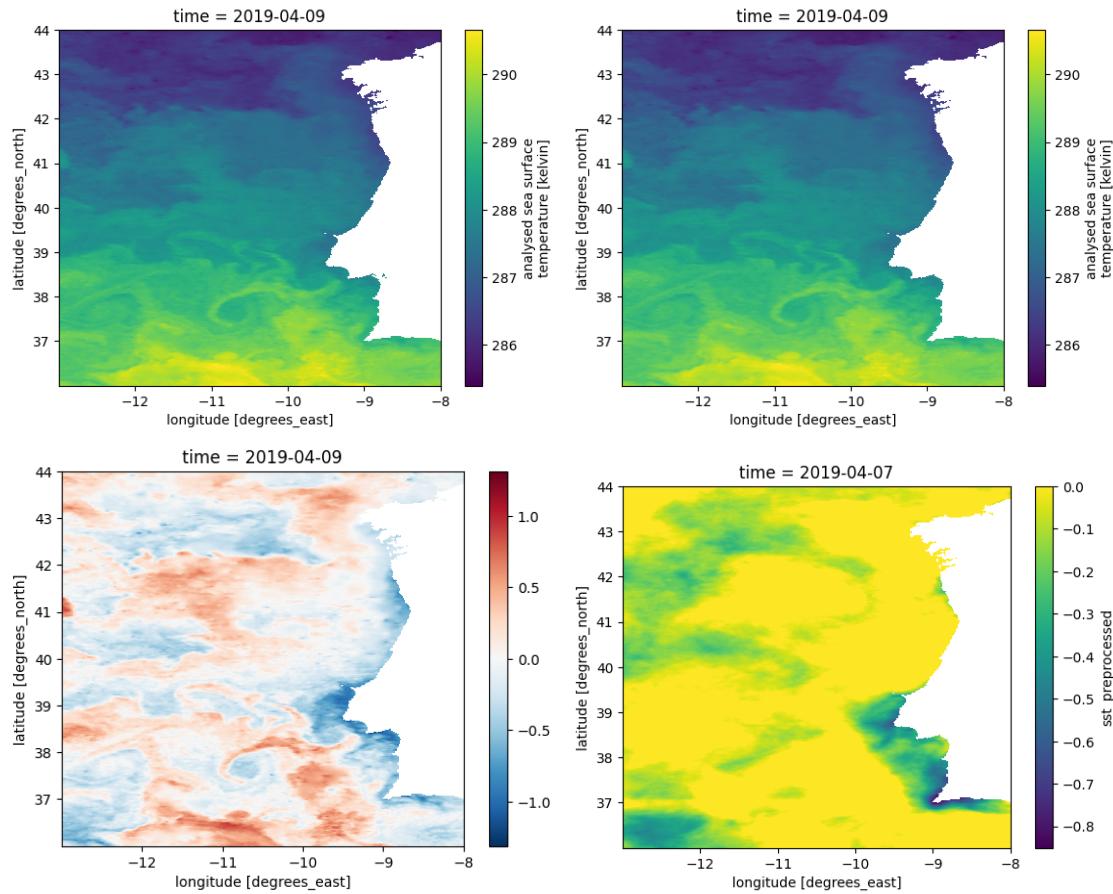


Figura 2.2: Preprocesado de los datos de nivel 4. Aplicado sobre una imagen de alta resolución espacial.

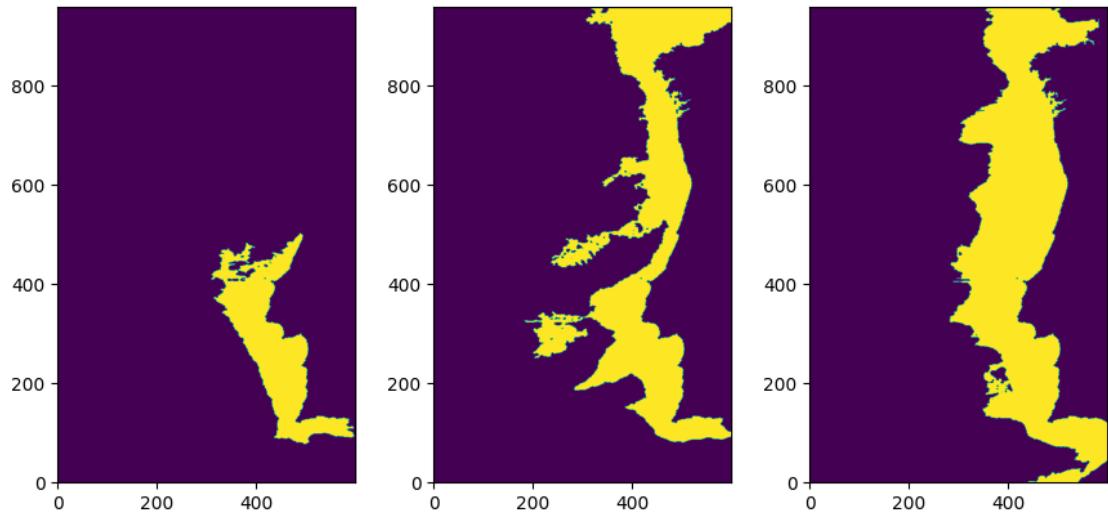


Figura 2.3: Segmentación STSEC. Se aprecian diversas morfologías

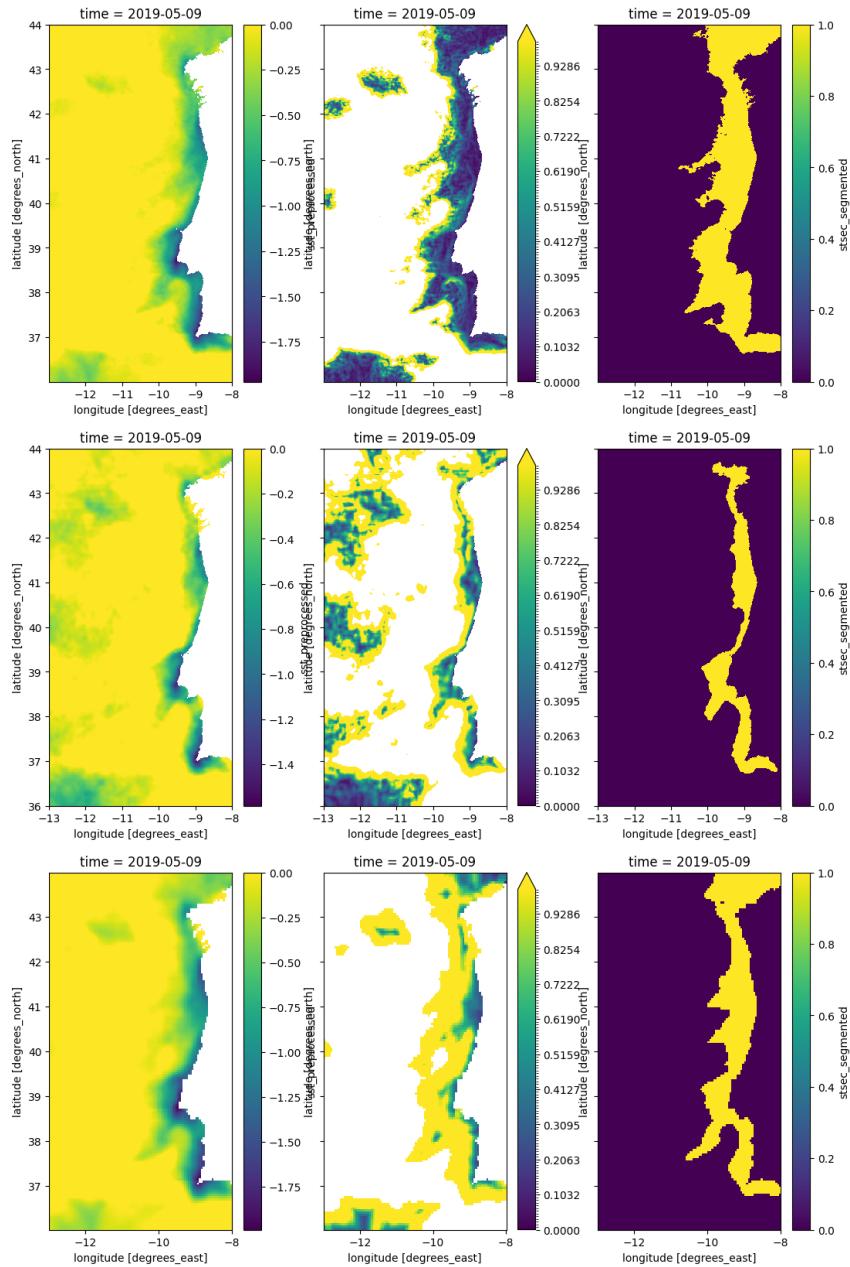


Figura 2.4: Análisis de la segmentación STSEC. Para cada nivel de resolución espacial (de mayor a menor de arriba abajo), se muestra a la izquierda la imagen preprocesada, en el medio el gradiente máximo en una vecindad 7×7 y la imagen segmentada a la derecha.

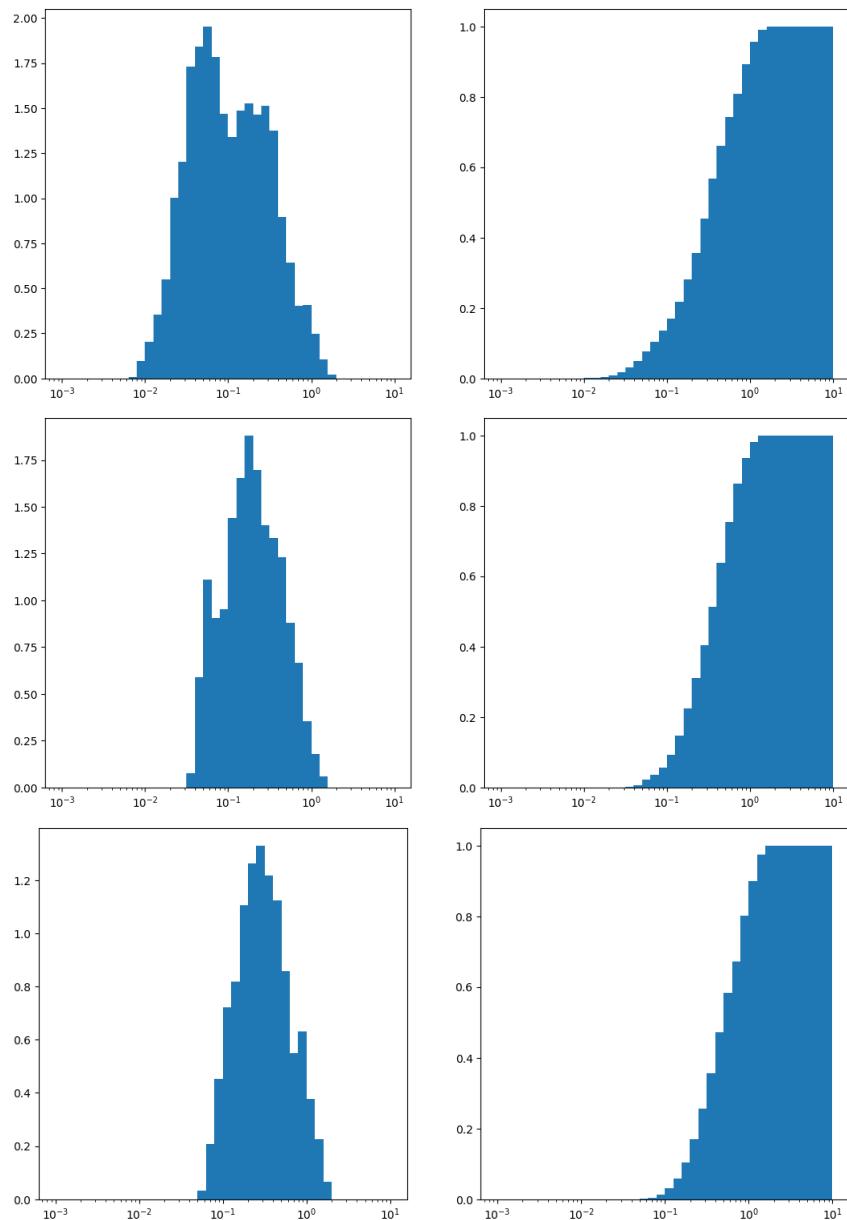


Figura 2.5: Histogramas de temperatura STSEC. Para cada segmentación STSEC, se calculó el histograma de temperaturas preprocesadas y se guardaron los percentiles 20 % y 80 %.

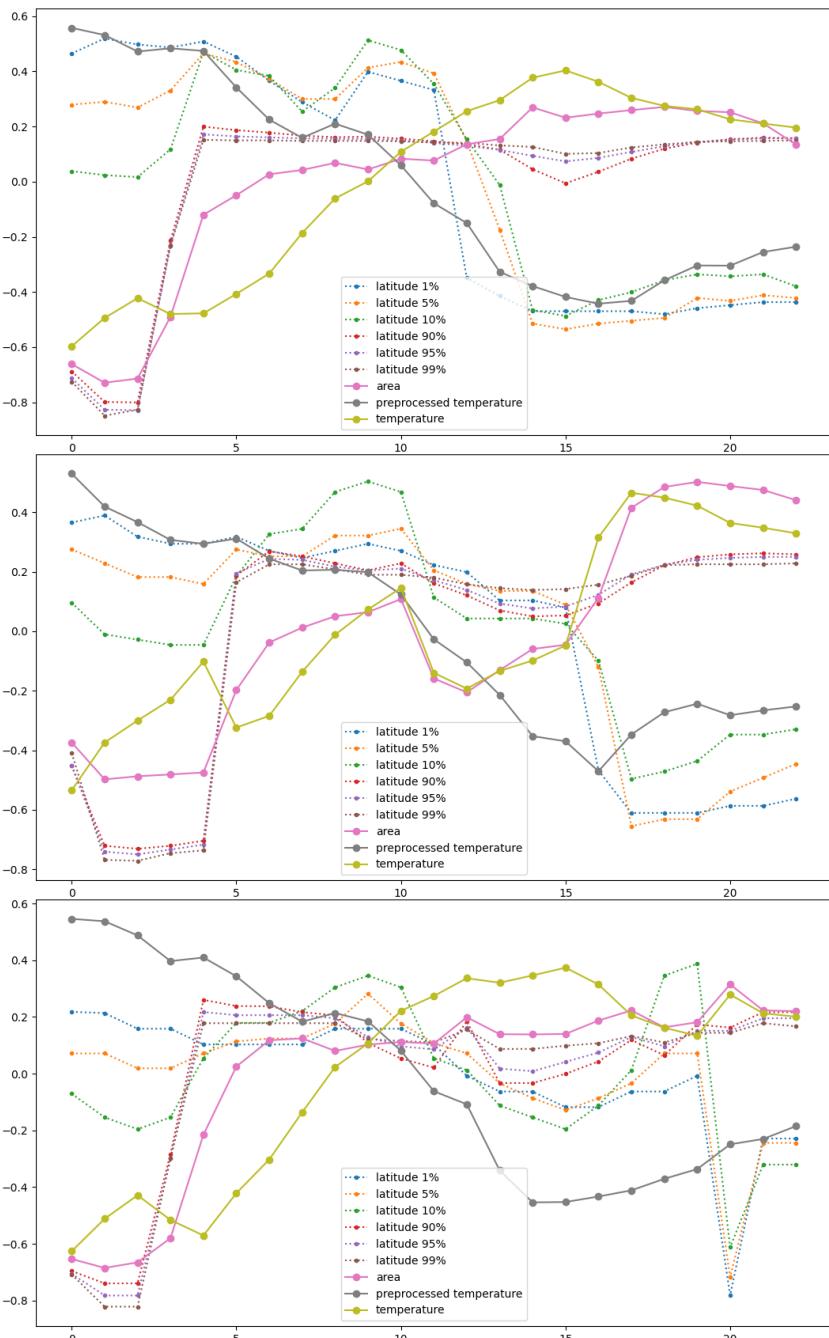


Figura 2.6: Características para cada región STSEC. Se aprecia la influencia del conjunto de datos original

generaba en algunas ocasiones agrupaciones no físicas, en las cuales diversos instantes no consecutivos eran considerados parte de la misma agrupación temporal. Para solucionarlo se añadió como variable adicional externa el tiempo. Esto solucionó los problemas, añadiendo estabilidad a la solución. La tabla 2.1 muestra las etiquetas obtenidas en uno y otro caso. Se aprecia que los datos de alta y baja resolución proporcionan los mismos grupos cuando se incluye el tiempo como característica. Los datos de resolución intermedia proporcionan agrupaciones diferentes.

Time HR	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Time MR	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
Time LR	0	0	0	0	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
No time HR	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
No time MR	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
No time LR	0	0	0	0	1	1	1	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2

Tabla 2.1: Segmentación temporal K-promedios inteligentes. Se muestran las etiquetas proporcionadas para cada instante y resolución espacial. Arriba se muestran incluyendo el tiempo como variable adicional, mientras que abajo utilizan el conjunto mínimo de variables estudiado por [Nascimento et al. \(2022\)](#).

En la figura 2.7 se muestra qué ocurrió en los dos casos en los que el algoritmo de K-promedios inteligentes se encontró con outliers (segmentos temporales de cardinalidad uno). En un caso (resolución alta, tiempo usado como característica), La pasada posterior del K-promedios normal lo incorporó a uno de los grupos anteriormente detectados. En el otro caso (resolución baja, tiempo no utilizado como variable), el algoritmo posterior de K-promedios hace una agrupación no física, en la cual el clúster de etiqueta 3 tiene la mayoría de datos en los instantes iniciales más un punto cercano al final del intervalo total considerado.

Finalmente, algunos resultados del algoritmo de agrupamiento core-shell se muestran en la figura 2.8. Se aprecia que los datos de alta y baja resolución son más similares entre sí que los de resolución intermedia. Esto puede deberse a los algoritmos utilizados o los grupos originarios de los datos, de mayor similitud en estos casos.

2.2. Análisis temporal: Portugal 1982-2022 en baja resolución

Para el análisis temporal se utilizaron los datos de baja resolución espacial, pues proporcionan la mayor línea de base temporal (41 años). El intervalo de longitudes se redujo a la mitad para minimizar la asignación anómala de semillas iniciales STSEC en zonas de alta mar. Los pasos aplicados al preprocesado son los mismos de la sección anterior. Puede verse un ejemplo en la figura 2.9

La segmentación STSEC progresó para cada época de una forma similar a las obtenidas en el caso patrón de la sección anterior, tal como se muestra en la figura 2.10. También se calcularon los percentiles de temperatura normalizada para cada imagen.

La figura 2.11 muestra un ejemplo exitoso de segmentación STSEC. En muy pocas ocasiones, restringidas al año 2011, la segmentación no es física, pues se centra en regiones de

Time HR

```
[0, 1, 2, 3]
[4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
[12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]
[11]
[0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2]
```

No Time LR

```
[0, 1, 2, 3]
[20]
[4, 5, 6]
[10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22]
[7, 8, 9]
[0 0 0 0 1 1 1 3 3 3 3 2 2 2 2 2 3 2 2]
```

Figura 2.7: Tratamiento de los outliers por K-promedios. Se muestran los dos casos obtenidos. Arriba se muestran los datos de alta resolución usando el tiempo como variable y abajo los de baja resolución en los que el tiempo no es considerado. Para cada grupo, se muestran en las líneas superiores las distintas agrupaciones generadas por el K-promedios inteligente, y al final las etiquetas finales obtenidas mediante el K-promedios estándar aplicado a los centroides anteriores.

alta mar, tal como se puede apreciar en la figura 2.12 , tal como se indica en la figura ??

Finalmente, se determinaron las características físicas para cada instante y se promediaron por años. Para cinco de ellas (extensión en latitud y área total cubierta, no se aprecia ninguna correlación temporal significativa, ver figura 2.13 y figura 2.14.

Sin embargo, Las temperaturas proporcionan unos resultados muy interesantes, tal como se muestra en la figura 2.15. Por una parte, se aprecia un incremento sostenido de la temperatura marina superficial, que alcanza los 0.77 K en 41 años. Esto parece consistente con la evolución debida al cambio climático. Por otra parte, el contraste de temperatura entre los afloramientos y el área circundante ha aumentado en 0.20 K. Es decir, el agua aflorada ha aumentado de temperatura pero menos que la superficial.

2.3. Análisis en curso: Costa Pacífico suroeste

Por último, se menciona que se piensan aplicar los algoritmos anteriores a una zona distinta. En concreto, a la costa del océano Pacífico sudoeste entre Ecuador y Chile, una de las mayores zonas pesqueras del planeta donde el régimen de afloramientos se antoja similar según un análisis muy preliminar hecho en WEkEO ([wek](#)). Ver figura 2.16

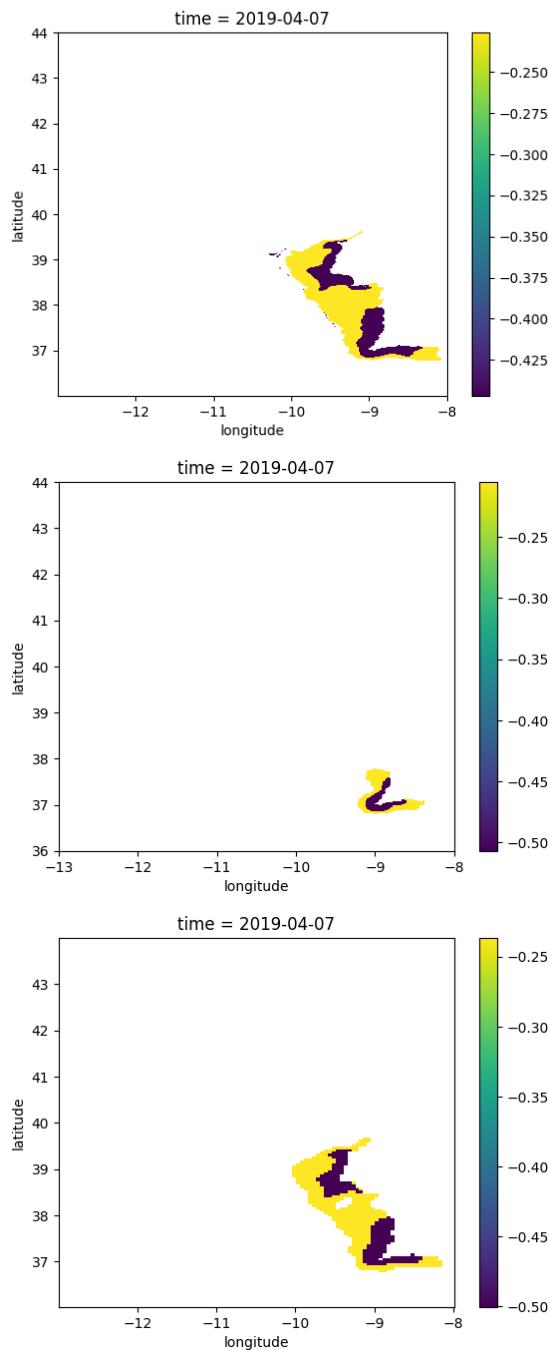


Figura 2.8: Segmentación avanzada core-shell. De arriba abajo, alta, media y baja resolución espacial

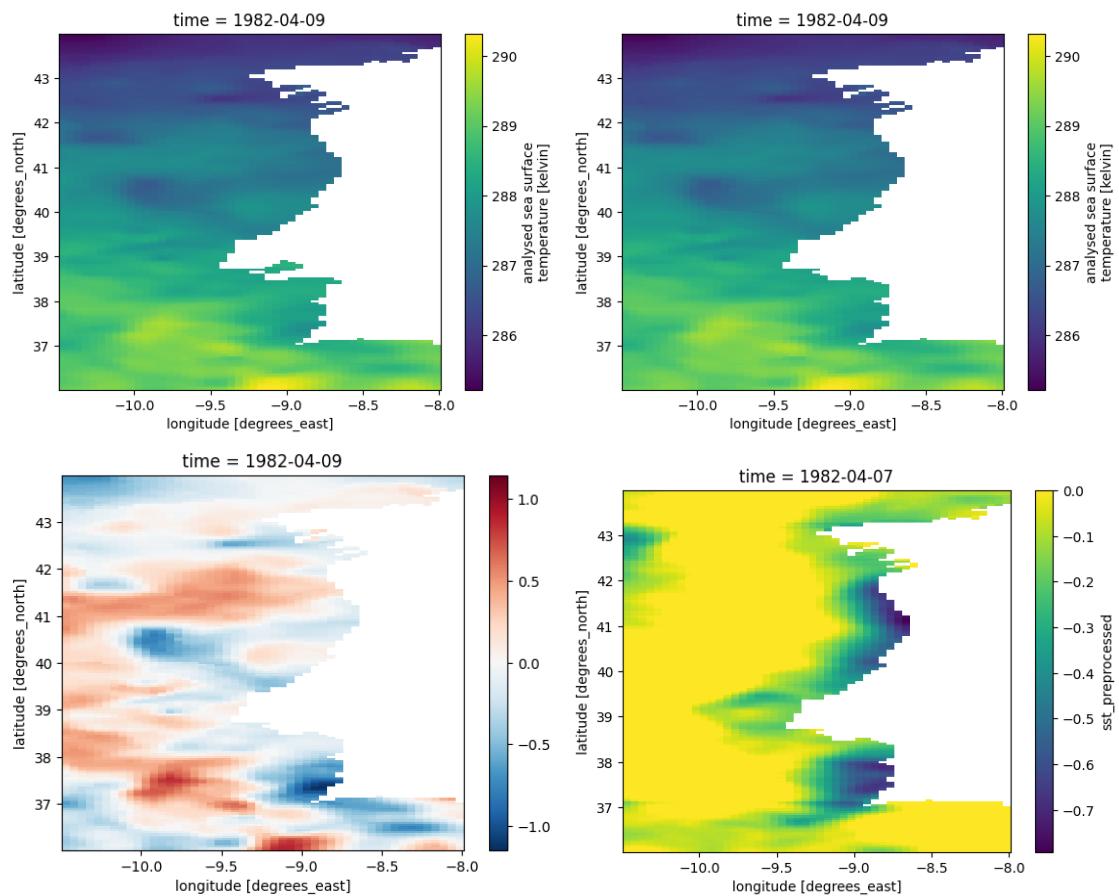


Figura 2.9: Evolución temporal: preprocesado. Preprocesado de imágenes en el análisis de una línea temporal larga. Se aprecia el menor rango de longitud empleado.

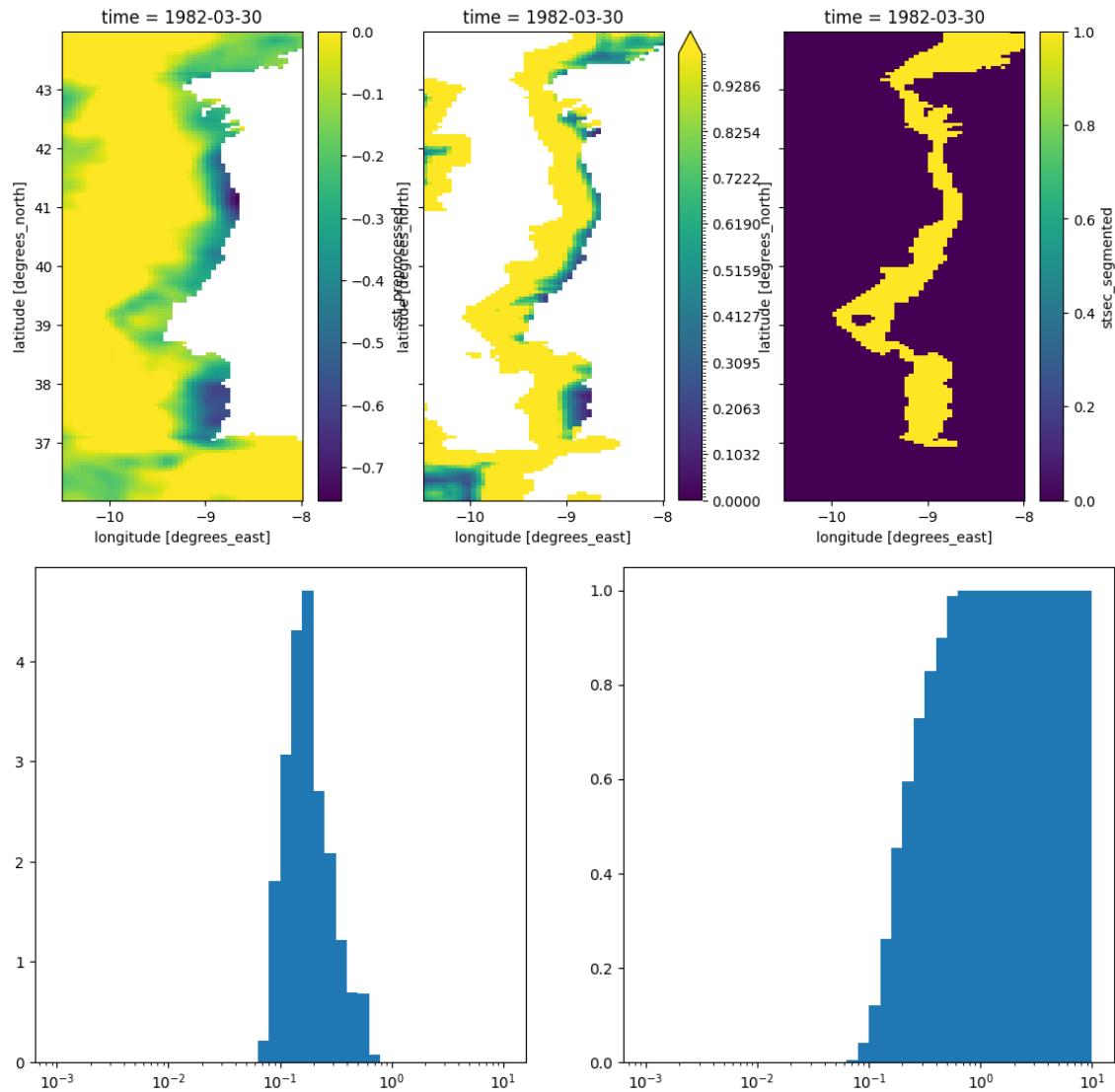


Figura 2.10: Evolución temporal: análisis STSEC.

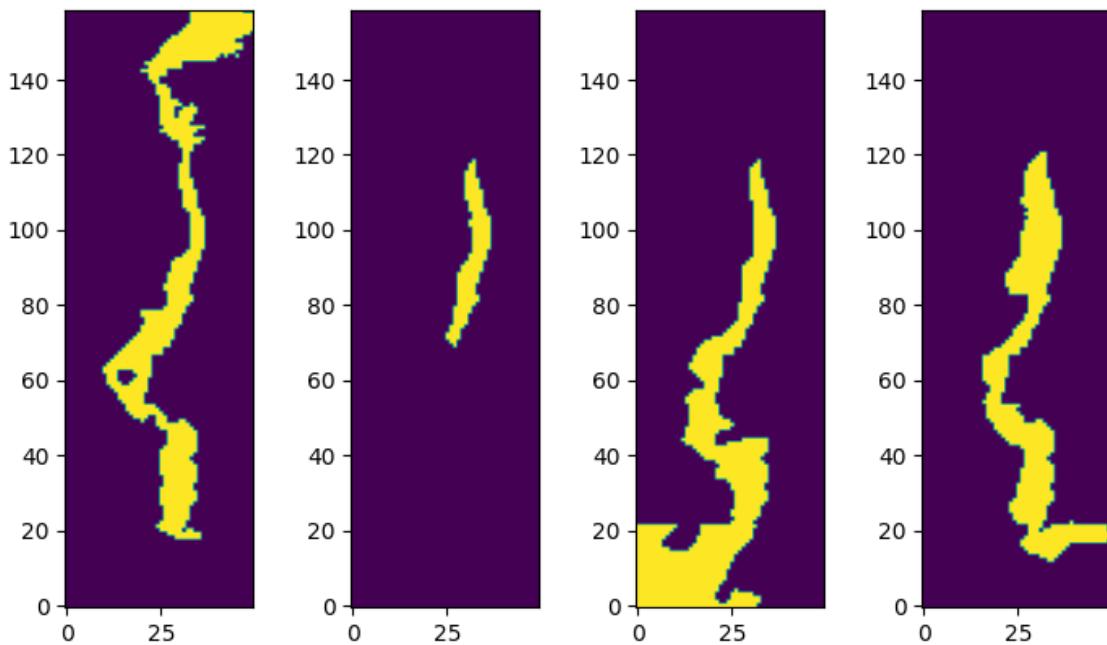


Figura 2.11: *Evolución temporal. Segmentación STSEC exitosa 1982.*

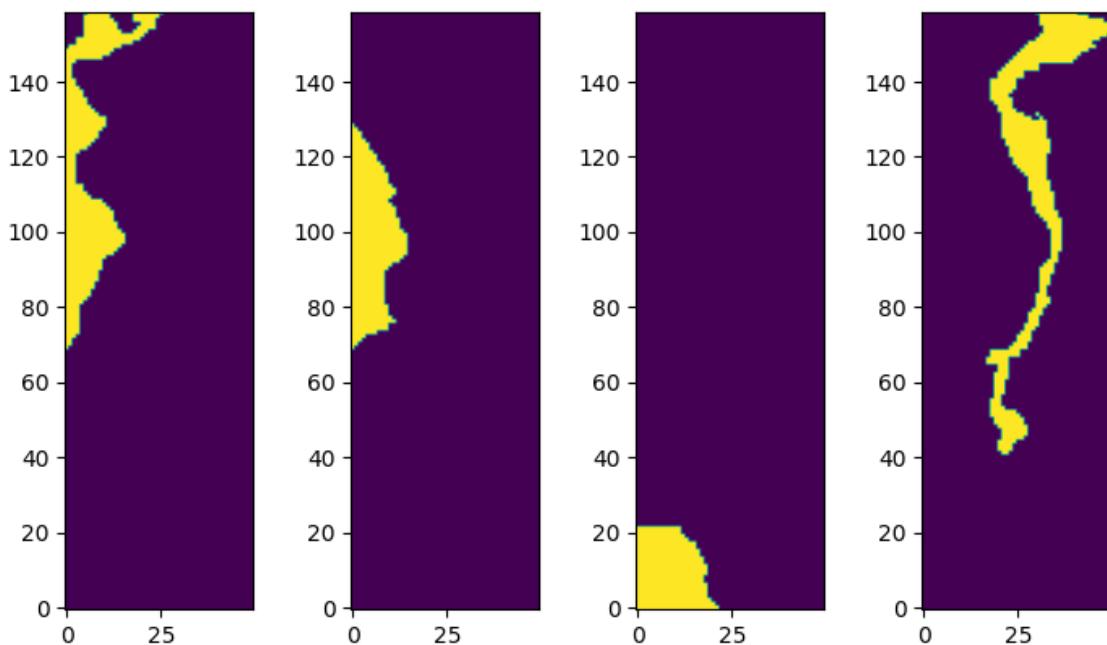


Figura 2.12: *Evolución temporal. Segmentación STSEC fallida 2011. Estos casos son muy minoritarios y restringidos a 2011, donde incluso algunos instantes son buenos.*

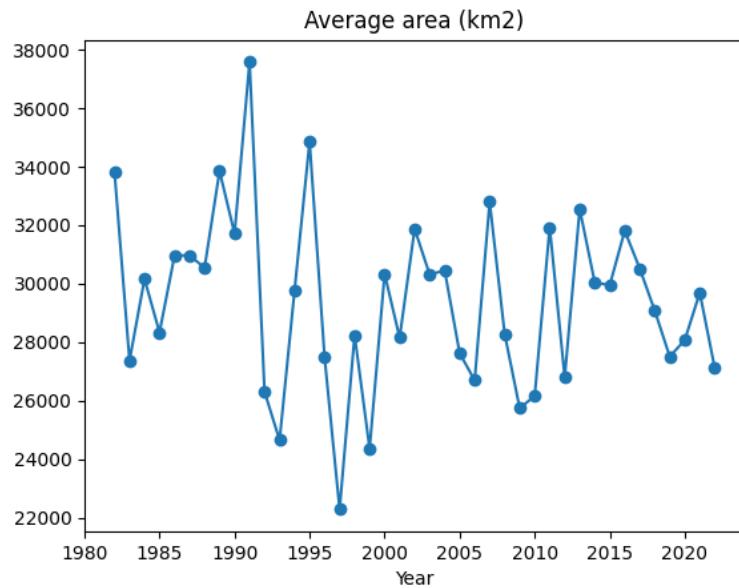


Figura 2.13: Evolución temporal: área afectada.

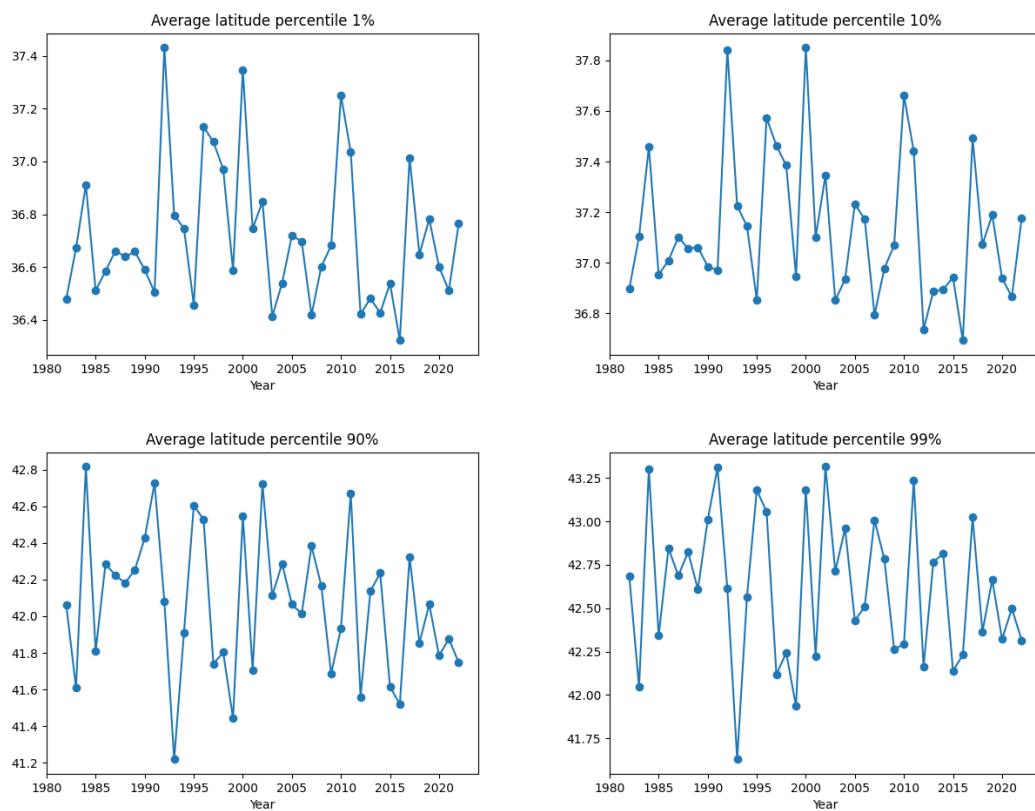


Figura 2.14: Evolución temporal: extensión en latitud.

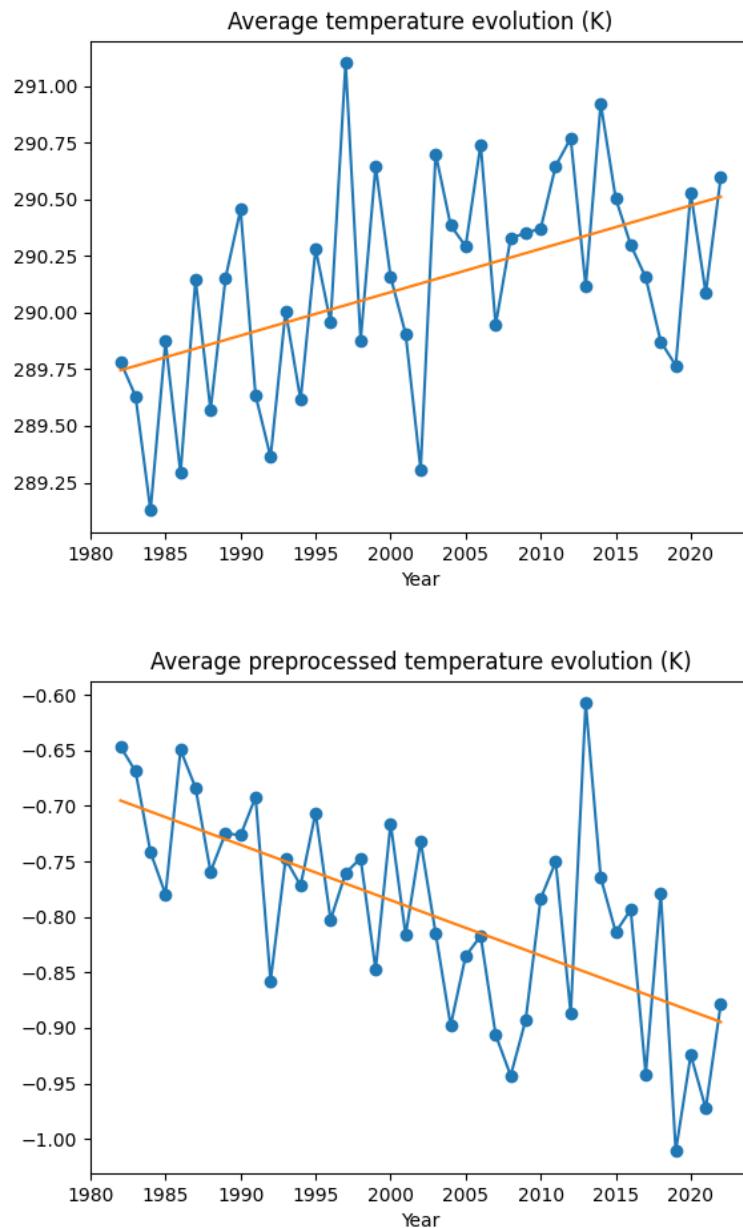


Figura 2.15: Evolución temporal: temperaturas.

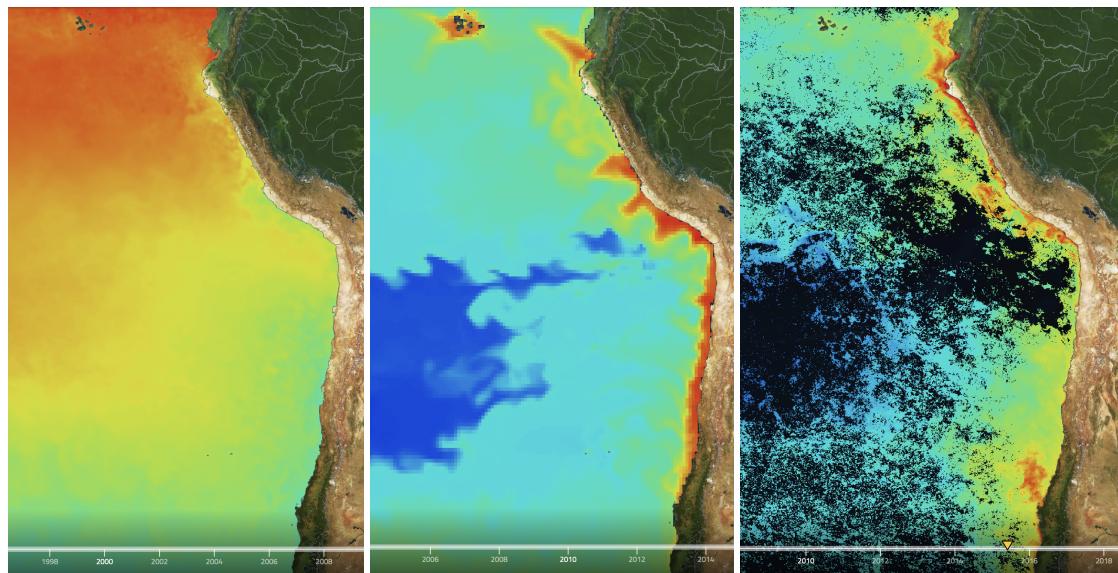


Figura 2.16: Océano Pacífico Sudoeste. Temperatura y clorofila. Se muestran algunas imágenes de ejemplo que sugieren una dinámica de corrientes y afloramientos similares a las de la costa portuguesa, aunque de una extensión muy superior. Se incluyen abajo algunas características de los datos empleados.

ESA SST CCI and C3S reprocessed sea surface temperature analyses
EO:MO:DAT:SST_GLO_SST_L4 REP_OBSERVATIONS_010_024
Mercator Océan, 26 August 2012
Global Ocean Biogeochemistry Hindcast
EO:MO:DAT:GLOBAL_MULTIYEAR_BGC_001_029
Mercator Océan, 26 August 2012
Global Ocean Colour Plankton MY L4 monthly observations
EO:MO:DAT:OCEANCOLOUR_GLO_BGC_L4_MY_009_108
Mercator Océan, 26 August 2012}

Lista de Acrónimos

GAN Red Generativa Antagónica o *Generative Adversarial Network*.

Apéndice A

A

Processing file: data/sst_preprocessed_hr_2019.nc

```
Time segmentation label 0
Initial SST core: [-0.39891198 -0.39513063 -0.48837016 -0.53442786]
Initial SST shell: [-0.08596406 -0.14504672 -0.17570536 -0.08163616]
Iteration: 1 SST RMS: 0.132 variance change -3641.8208635990773 pixel changes 58316
Pixels total 153611 core: 69236 shells: 79484 neighbourhood: 4891
Variance total 2679.2537414403682 core 1782.6057928359198 shell 886.0664391361568 neighbourhood 1
SST core: [-0.38439873 -0.36536499 -0.4638267 -0.63830229] change: [ 0.01451325 0.02976564 0.02
SST shell: [-0.1675181 -0.17410649 -0.20190107 -0.20352467] change: [-0.08155404 -0.02905976 -0.0
SST RMS core: 0.16045810988169373 shell: 0.10558282705740936 neighbourhood 0.04651306741396363
Iteration: 2 SST RMS: 0.121 variance change -682.5720363569371 pixel changes 27845
Pixels total 137242 core: 57080 shells: 76002 neighbourhood: 4160
Variance total 1998.431725260251 core 1311.6432496420919 shell 674.4569459730477 neighbourhood 12
SST core: [-0.4056504 -0.39386402 -0.50285686 -0.68872614] change: [-0.02125167 -0.02849903 -0.03
SST shell: [-0.21062451 -0.19286863 -0.22099402 -0.27190945] change: [-0.04310641 -0.01876214 -0.0
SST RMS core: 0.1515883696261792 shell: 0.09420297218276745 neighbourhood 0.0544454774140527
Iteration: 3 SST RMS: 0.115 variance change -279.2760713252419 pixel changes 15695
Pixels total 130098 core: 48264 shells: 78581 neighbourhood: 3253
Variance total 1731.5177965822165 core 1045.8377849727337 shell 660.9863393171639 neighbourhood 2
SST core: [-0.421728 -0.41743361 -0.53544562 -0.7268702 ] change: [-0.01607759 -0.02356959 -0.03
SST shell: [-0.23427808 -0.20595924 -0.23625039 -0.30889697] change: [-0.02365357 -0.01309062 -0.0
SST RMS core: 0.14720430393807626 shell: 0.09171438672506452 neighbourhood 0.08712660841404714
Iteration: 4 SST RMS: 0.113 variance change -137.217318525697 pixel changes 9180
Pixels total 126707 core: 43180 shells: 80245 neighbourhood: 3282
Variance total 1607.5555653492613 core 896.8242142535076 shell 672.7825915106929 neighbourhood 37
SST core: [-0.43122994 -0.43239731 -0.55658021 -0.75158834] change: [-0.00950194 -0.0149637 -0.02
SST shell: [-0.2469421 -0.21492135 -0.24657125 -0.33028459] change: [-0.01266402 -0.00896211 -0.0
SST RMS core: 0.14411604787000945 shell: 0.09156476434222503 neighbourhood 0.10752996490819139
Iteration: 5 SST RMS: 0.112 variance change -41.27765140545489 pixel changes 5671
Pixels total 125028 core: 40364 shells: 81122 neighbourhood: 3542
Variance total 1577.6285723439962 core 842.1695206011486 shell 686.159633757597 neighbourhood 49
SST core: [-0.43604975 -0.44051319 -0.5682699 -0.76487095] change: [-0.00481981 -0.00811588 -0.01
SST shell: [-0.25392943 -0.22066434 -0.25317027 -0.34296307] change: [-0.00698733 -0.005743 -0.0
SST RMS core: 0.14444504916318918 shell: 0.0919693798349115 neighbourhood 0.11797680148035655
Iteration: 6 SST RMS: 0.112 variance change -25.466893074011296 pixel changes 3500
```

APÉNDICE A. APÉNDICE A

Pixels total 124033 core: 39036 shells: 81302 neighbourhood: 3695
Variance total 1559.12211684257 core 813.8657803888685 shell 688.996480895866 neighbourhood 56.25
SST core: [-0.43843586 -0.44451486 -0.57385598 -0.77127434] change: [-0.00238611 -0.00400167 -0.00
SST shell: [-0.2574597 -0.2236137 -0.25685857 -0.35002741] change: [-0.00353028 -0.00294936 -0.00
SST RMS core: 0.14439220204994083 shell: 0.09205722669534176 neighbourhood 0.12339344376518384
Iteration: 7 SST RMS: 0.113 variance change 6.135863408145042 pixel changes 2316
Pixels total 123510 core: 38452 shells: 81310 neighbourhood: 3748
Variance total 1569.32892562371 core 820.4733969267991 shell 688.5247277660803 neighbourhood 60.33
SST core: [-0.43907222 -0.44566038 -0.57570899 -0.77335675] change: [-0.00063636 -0.00114553 -0.00
SST shell: [-0.25905051 -0.22513299 -0.25875309 -0.35378226] change: [-0.00159081 -0.00151929 -0.00
SST RMS core: 0.14607395402640375 shell: 0.0920211784271982 neighbourhood 0.12687315926064333
Iteration: 8 SST RMS: 0.112 variance change -12.802718033391784 pixel changes 1709
Pixels total 123275 core: 38172 shells: 81297 neighbourhood: 3806
Variance total 1558.278931172259 core 808.0366044683707 shell 688.1588021911168 neighbourhood 62.33
SST core: [-0.4395319 -0.44661194 -0.57705545 -0.77503578] change: [-0.00045968 -0.00095156 -0.00
SST shell: [-0.25984058 -0.22581021 -0.25961957 -0.35553432] change: [-0.00079007 -0.00067722 -0.00
SST RMS core: 0.14549332194033968 shell: 0.09200407742996017 neighbourhood 0.12771849434347818
Iteration: 9 SST RMS: 0.113 variance change 14.621764491121894 pixel changes 1496
Pixels total 123169 core: 38028 shells: 81329 neighbourhood: 3812
Variance total 1574.4558298204417 core 821.8779939159535 shell 688.939177234656 neighbourhood 63.33
SST core: [-0.43955314 -0.44666786 -0.57715512 -0.77485984] change: [-2.12384109e-05 -5.59164920e-00
SST shell: [-0.26027256 -0.22618708 -0.26009313 -0.35650122] change: [-0.00043199 -0.00037687 -0.00
SST RMS core: 0.1470117114475003 shell: 0.0920381169901526 neighbourhood 0.1292064108627577

Apéndice B

B

Bibliografía

Wekeo. this study has been conducted using wekeo dias information, provided by copernicus marine service. <https://www.wekeo.eu/>. Accessed: 2023-10-09.

Buongiorno Nardelli, B. et al. Mediterranean sea - high resolution and ultra high resolution l3s sea surface temperature. <http://dx.doi.org/10.4225/13/511C71F8612C3>.

Merchant, C. et al. Mediterranean sea - high resolution l4 sea surface temperature reprocessed.

Mirkin, B. (2005). *Clustering for Data Mining: A Data Recovery Approach*, pages 117–120.

Nascimento, S., Casca, S., y Mirkin, B. (2015). A seed expanding cluster algorithm for deriving upwelling areas on sea surface temperature images. *Computers & Geosciences*, 85.

Nascimento, S., Martins, A., Relvas, P., Luis, J., y Mirkin, B. (2022). *Novel Cluster Modeling for the Spatiotemporal Analysis of Coastal Upwelling*, pages 563–574.

Pisano, A. et al. European north west shelf/iberia biscay irish seas – high resolution odyssea l4 sea surface temperature analysis. <http://dx.doi.org/10.4225/13/511C71F8612C3>.