

Evaluación Taller Intermedio OHWe 2025

Dr. Juan Carlos Saavedra-Nievas

2025-10-18

Table of contents

Fuente de datos	1
Importación a RStudio	3
Importacion con las librerías ncdf4 y satin	3
Importación con la librería raster	4
Gráfica temporal datos importados desde la librería raster	6
Gráfica espacial datos importados desde la librería raster	8



Fuente de datos

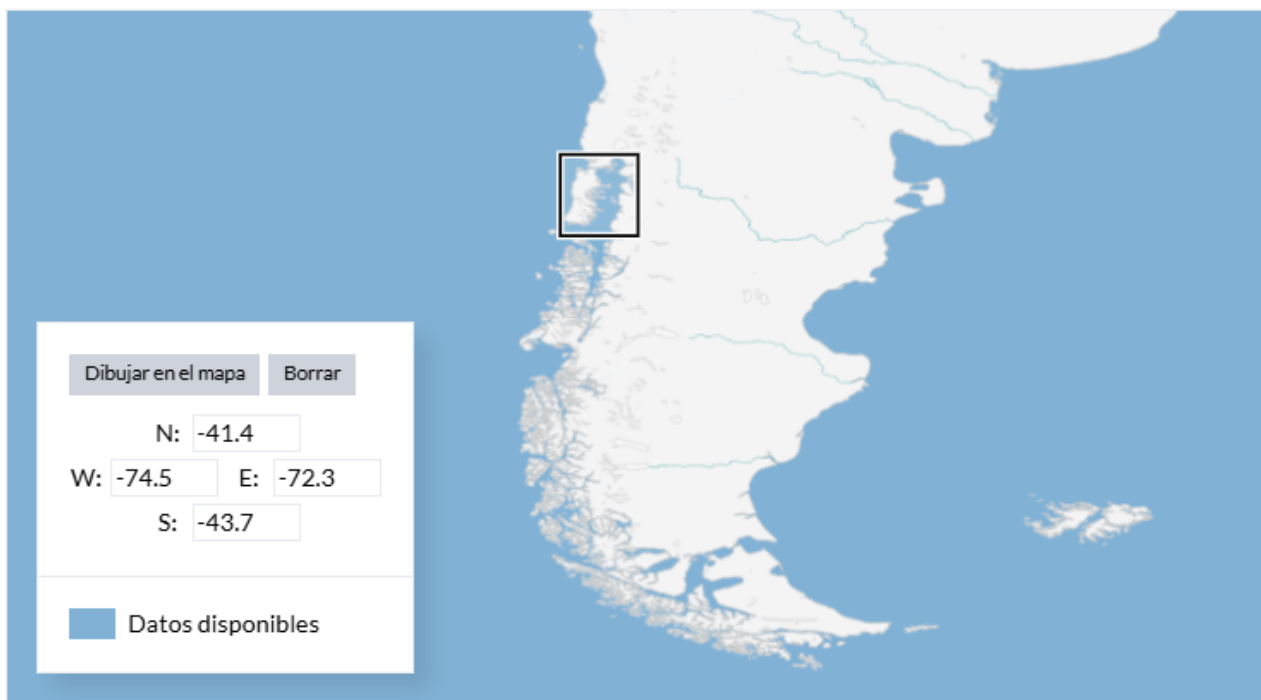
Para ilustrar la manipulación de datos temporales y espaciales se utilizará la información proveniente del producto *Global Ocean Physics Analysis and Forecast*.

https://data.marine.copernicus.eu/es/product/GLOBAL_ANALYSISFORECAST_PHY_001_024/

De Copernicus (<https://marine.copernicus.eu/>).

☒ Temperatura potencial del agua de mar θ_{tao} [°C]

Área de interés



Rango temporal

Utilizar valores por defecto

Borrar

Elige un rango temporal que esté al menos parcialmente dentro de estos límites: 01/06/2022, 00:00 → 01/09/2025, 00:00

De 01-06-2022 00:00

A 01-09-2025 00:00

Rango de profundidad

Utilizar valores por defecto

Borrar

Elige un rango de profundidad que esté al menos parcialmente dentro de estos límites: 0.49 m → 5727.92 m

De 0.49 m

A 541.09 m

Figure 1: **Figura 1.** Obtención de datos desde Copernicus

El archivo netCDF contiene datos mensuales de la temperatura potencial del

mar para la zona de la Isla Grande de Chiloe, Chile (**Figura 1**). El periodo abarca desde junio del 2022 a septiembre de 2025, en profundidades entre los 500 metros y la superficie del mar (a medio metro).

Importación a RStudio

Importacion con las librerias `ncdf4` y `satin`

La importación de datos puede ser realizada con la función `nc_open()` el paquete `ncdf4` o con la función `read.cmems()` del paquete `satin` disponible en la cuenta de GitHub *hvillalo*.

```
dat_temp1 <- nc_open("./Datos/cmems_mod_glo_phy-thetao_anfc_0.083deg_P1M-m_1760545237347.nc")
dat_temp2 <- read.cmems("./Datos/cmems_mod_glo_phy-thetao_anfc_0.083deg_P1M-m_1760545237347.nc")
```

La información global del archivo netCDF, importado con la función `read.cmems()`, se presenta a continuación:

```
print.satin_mod(dat_temp2)
```

Object of class `satin`

```
Title: thetao
Long name: Temperature
Name: thetao
Units: degrees_C
Temporal range: monthly
Spatial resolution: 9.3 km
```

Data dimensions:

Lat	Lon	Time	Depth
28	27	40	32

Data ranges:

	lon	lat	thetao	period	depth
min	-74.49999	-43.66667	4.97568	2022-06-01	0.494025
max	-72.33333	-41.41667	18.11768	2025-09-01	541.088928

Podemos ver que tenemos datos mensuales de temperatura en °C, con una resolución espacial de 9.3 km. En total son 40 meses (jun-2022 a sep-2025) y 32 niveles de profundidad diferentes (entre 0.5 y 541 metros).

Para generar una tabla con los datos de posición, temporales y de profundidad utilizamos el objeto `dat.temp2` clase `satin` mediante la función `formatXTP` modificada para obtener todas las capas temporales y de profundidad.

```
sst_stn <- extractPts(X = dat_temp2, points = expand.grid(x=dat_temp2@lon, y=dat_temp2@lat))
dt_stn <- formatXTP(sst_stn)
```

La vista de los 10 primeros registros de datos importados se presenta en la siguiente tabla.

Table 1: **Tabla 1.** Vista primeros 10 registros de datos importados (n= 967.680)

Time	Depth	tp	id	x	y	d	lon	lat	sst
2022-06-01	0.494025	p1	1	-	-	0	-	-	9.890773
				74.49999	43.66667		74.49999	43.66667	
2022-06-01	0.494025	p1	2	-	-	0	-	-	9.932520
				74.41666	43.66667		74.41666	43.66667	
2022-06-01	0.494025	p1	3	-	-	0	-	-	9.984539
				74.33333	43.66667		74.33333	43.66667	
2022-06-01	0.494025	p1	4	-	-	0	-	-	9.969974
				74.24999	43.66667		74.24999	43.66667	
2022-06-01	0.494025	p1	5	-	-	0	-	-	9.904797
				74.16666	43.66667		74.16666	43.66667	
2022-06-01	0.494025	p1	6	-	-	0	-	-	9.823667
				74.08333	43.66667		74.08333	43.66667	

El resumen del total de capas y posiciones se presenta en la siguiente tabla.

Table 2: **Tabla 2.** Resumen datos importados

Time	Depth	x	n	y	n	min	max	mean	median	q25	q75	sd	riq
40	32	27	28	4.97568	18.11768	80.87753	0.43779	5.69804	11.86391	7.09499	2.294091		

Importación con la librería raster

Otra formato de importación es utilizar la función `brick()` de la librería **raster**, que importa los archivos **netCDF** en formato **rasterbrick**. El inconveniente es que si aparte del tiempo existe otra dimensión (profundidad), solo es posible importar un nivel de esa capa.

Para solucionar esto, se generó la función `brick_mod` que permite:

1. Importar todas las capas temporales para una capa particular de profundidad con los argumentos, `dt.time = TRUE`, `dt.depth = FALSE`, `level = 1`, `level` indica el número de la capa asociada a la profundidad.

- Para este caso se genera una lista con los objetos “`brick.tmp`” y “`dt.tmp`”, el primer objeto contiene el **RasterBrick** para la capa de profundidad elegida (por defecto la primera) y el segundo es una tabla con los datos temporales, la capa de profundidad elegida, las posiciones y la variable de interés.
2. Importar todas las capas de profundidad para una capa particular temporal con los argumentos, `dt.time = FALSE`, `dt.depth = TRUE`, `level = 1`, `level` indica el número de la capa asociada a la temporalidad.
 - Para este caso se genera una lista con los objetos “`brick.dpht`” y “`dt.dpht`”, el primer objeto contiene el **RasterBrick** para cada capa de temporalidad elegida (por defecto la primera) y el segundo es una tabla con los datos de profundidad, la capa temporal elegida, las posiciones y la variable de interés.
 3. Importar todas las capas temporales y de profundidad con los argumentos, `dt.time = TRUE`, `dt.depth = TRUE`, el argumento `level` no es utilizado.
 - Para este caso se genera una lista con los objetos “`brick.tmp`” y “`dt.td`”, el primer objeto contiene los **RasterBrick** para cada capa de profundidad y el segundo es una tabla con los datos temporales, la profundidad, las posiciones y la variable de interés.

```
path_sst <- "./Datos/cmems_mod_glo_phy-thetao_anfc_0.083deg_P1M-m_1760545237347.nc"
sst_tmp <- brick_mod(path_sst, dt.time = TRUE, dt.depth = FALSE, level = 3)
sst_dph <- brick_mod(path_sst, dt.time = FALSE, dt.depth = TRUE, level = 4)
sst_tmdp <- brick_mod(path_sst, dt.time = TRUE, dt.depth = TRUE)
```

Los objetos generados en la importación de `sst_tmdp` son el objeto `brick.tmp` que contiene los atributos de la clase **RasterBrick** y `dt.td` con la tabla de datos temporales, espaciales (`lat`, `lon` y `depth`) y la variable de interés.

```
names(sst_tmdp)
```

```
[1] "brick.tmp" "dt.td"
```

Para este caso se tienen tantos objetos **RasterBrick** como profundidades se tengan:

```
round(as.numeric(names(sst_tmdp$brick.tmp)),1)
```

```
[1] 0.5 1.5 2.6 3.8 5.1 6.4 7.9 9.6 11.4 13.5 15.8 18.5
[13] 21.6 25.2 29.4 34.4 40.3 47.4 55.8 65.8 77.9 92.3 109.7 130.7
[25] 155.9 186.1 222.5 266.0 318.1 380.2 453.9 541.1
```

Por ultimo la resolución espacial de los datos importados con la función `brick_mod()` es 9.3 km y el resumen del total de capas y posiciones se presenta en la siguiente tabla.

Table 3: **Tabla 3.** Resumen datos importados

Time	Depth	n	y_n	min	max	mean	median	q25	q75	sd	riq
40	32	27	28	4.975681	8.117638	80.87753	10.43779	9.569804	11.86391	7.094992	294091

Gráfica temporal datos importados desde la librería raster

Construcción de tabla de datos considerando intervalos de profundidad de aproximadamente 100 metros.

```
tbl_catp <- sst_tmdp$dt.td %>%
  mutate(Cat_Depth = cut_interval(Depth, 5)) %>%
  group_by(Time, Cat_Depth) %>%
  reframe(
    n = n(),
    n_miss = sum(is.na(sst)),
    p_complete = 1-(n_miss/n),
    sst=mean(sst, na.rm = TRUE)) %>%
  mutate(sst_mm = c(cma(sst, order = 12)$fitted))
```

La vista de los 10 primeros registros de la tabla agrupada por `Time` y `Cat_Depth` se presenta en la siguiente tabla.

Table 4: **Tabla 4.** Vista primeros 10 registros de datos importados (n= 200)

Time	Cat_Depth	n	n_miss	p_complete	sst	sst_mm
2022-06-01	[0.494,109]	16632	8371	0.4966931	10.034313	8.919657
2022-06-01	(109,217]	3024	2431	0.1960979	8.927974	8.892426
2022-06-01	(217,325]	2268	2211	0.0251323	8.916652	8.413693
2022-06-01	(325,433]	756	747	0.0119048	7.760554	8.118268
2022-06-01	(433,541]	1512	1501	0.0072751	6.508286	8.721688
2022-07-01	[0.494,109]	16632	8371	0.4966931	9.532677	8.596782

La **Figura 2** presenta la variación promedio de la temperatura mensual entre junio de 2022 y septiembre de 2025, considerando intervalos de profundidad de aproximadamente 100 metros. Se observa un patrón térmico consistente con la estratificación vertical típica de ambientes marinos, donde la temperatura disminuye progresivamente con la profundidad. Las variaciones temporales sugieren fluctuaciones estacionales y posibles eventos de mezcla o intrusiones de masas de agua más frías en determinados periodos.

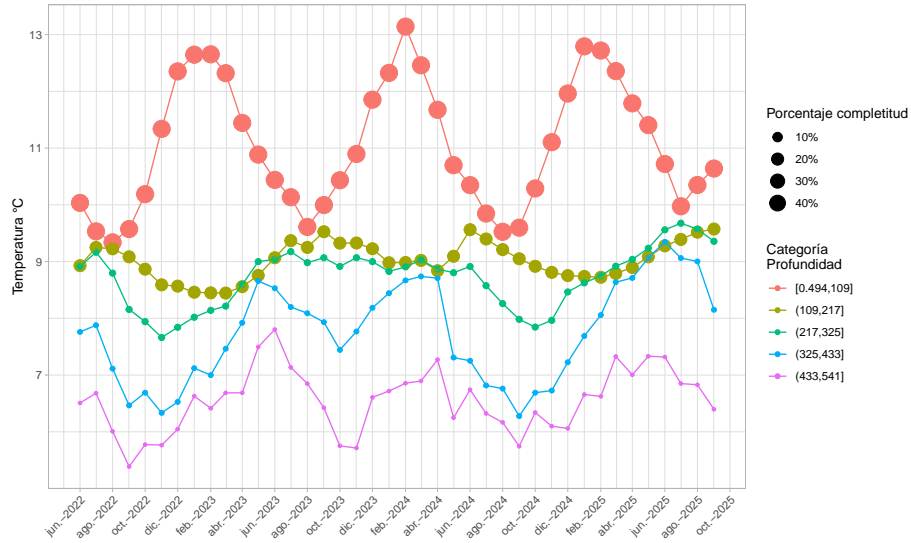


Figure 2: **Figura 2.** Evolución temporal de la temperatura media para el área de estudio por mes y categoría de profundidad

En la **Figura 3** se muestran los promedios móviles centrados de orden 12 aplicados a la serie de temperatura mensual entre junio de 2022 y septiembre de 2025, desagregados por intervalos de profundidad de aproximadamente 100 metros. El suavizado permite identificar tendencias de largo plazo en la dinámica térmica, evidenciando posibles ciclos interanuales y la persistencia de gradientes térmicos verticales en el período analizado.

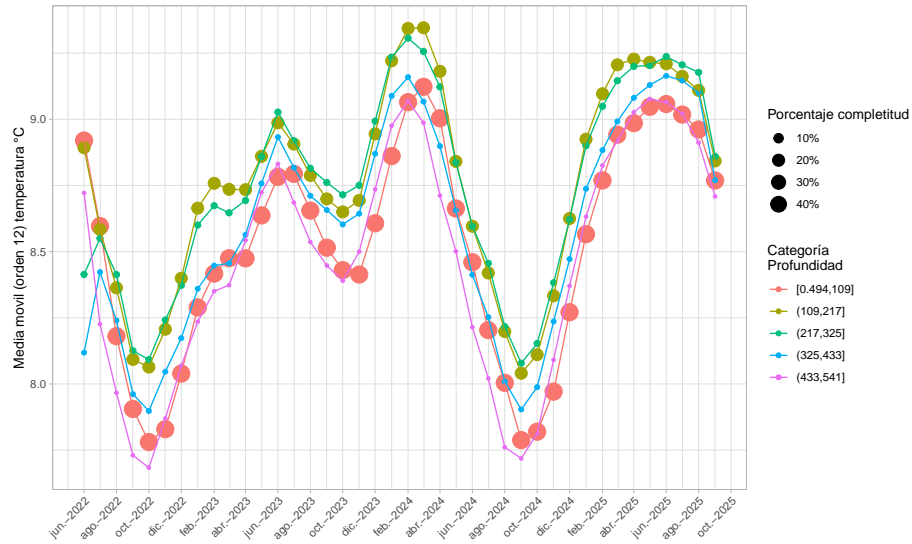


Figure 3: **Figura 3.** Promedios móviles centrados de orden 12 para el área de estudio por mes y categoría de profundidad

Gráfica espacial datos importados desde la librería raster

La **Figura 4** compara la temperatura en los meses de agosto y diciembre de los años 2022 y 2024 para dos categorías de profundidad. Los resultados revelan diferencias térmicas estacionales marcadas, con temperaturas superficiales más elevadas en diciembre, asociadas al mayor calentamiento estival, y valores menores en agosto, correspondientes al invierno austral. Asimismo, se aprecia una atenuación de las variaciones térmicas con la profundidad, reflejando una mayor estabilidad de las masas de agua profundas.

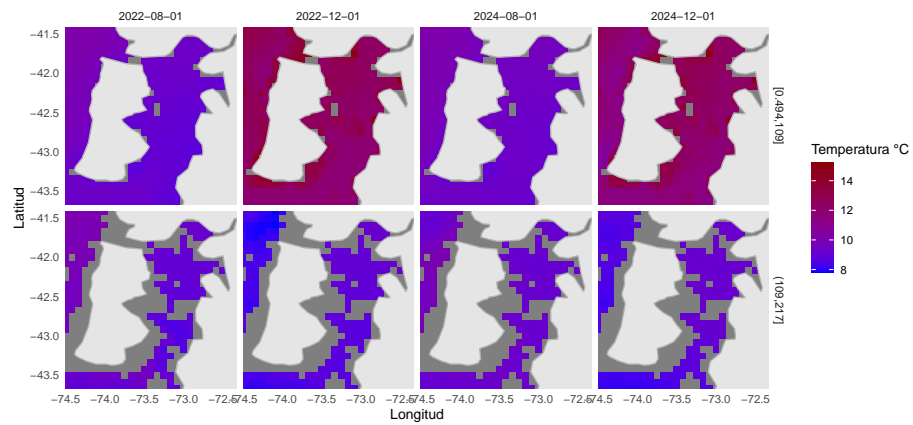


Figure 4: **Figura 4.** Gráficos de la temperatura para las profundidades entre los 0-100 metros y los 100-200 metros para los meses de agosto y diciembre de los años 2022 y 2024.